



**UNIVERSIDAD NACIONAL  
“PEDRO RUIZ GALLO”  
ESCUELA DE POSTGRADO  
MAESTRÍA EN CIENCIAS**



---

**“SISTEMA DE GESTIÓN DE RESIDUOS DE  
APARATOS ELÉCTRICOS Y ELECTRÓNICOS DE  
LOS HOGARES DEL DISTRITO DE CHICLAYO”**

**TESIS**

**PRESENTADA PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE MAESTRO EN**

**CIENCIAS CON MENCIÓN EN  
INGENIERÍA AMBIENTAL**

**AUTORA:**

**Bach. ROXANA MARIBEL GASTELO TELLO**

**ASESOR:**

**Dr. EDUAR VÁSQUEZ SÁNCHEZ**

**CHICLAYO - PERÚ**

**2019**

**SISTEMA DE GESTIÓN DE RESIDUOS DE APARATOS  
ELÉCTRICOS Y ELECTRÓNICOS DE LOS HOGARES DEL  
DISTRITO DE CHICLAYO**

**Presentada a la Escuela de Postgrado de la Universidad Nacional Pedro Ruiz  
Gallo para optar el Grado de: Maestro en Ciencias con mención en Ingeniería  
Ambiental**

---

Ing. ROXANA MARIBEL

GASTELO TELLO

AUTORA

---

DR. EDUAR VÁSQUEZ

SÁNCHEZ

ASESOR

**APROBADO POR:**

---

Dr. CESAR  
ALFREDO  
VARGAS  
ROSADO

PRESIDENTE

---

Dr. OSCAR  
SAAVEDRA  
TAFUR

SECRETARIO

---

MSc. ALEJANDRO  
WILSON  
RODRIGUEZ LA  
BARRERA

VOCAL

**Chiclayo, 28 de enero de 2019**

## **DEDICATORIA**

**Esta investigación la dedico a Dios, a la Virgen María, a mis padres Alvaro y Alejandrina, a mi hermana Ana Luisa, a mis hermanas Cruzadas de Santa María y a todas las personas que se esfuerzan día a día por ser mejores y construir un mundo mejor.**

## **AGRADECIMIENTO**

**Agradezco a Dios, a Santa María Virgen, a mis padres y hermanas por su apoyo incondicional en todo momento, a mi asesor el Dr. Eduar Vásquez Sánchez, al Señor Joseph Espejo, y a todas las personas que me apoyaron en el desarrollo de esta investigación. Que Jesús y Santa María los bendiga.**

## ÍNDICE

<b>DEDICATORIA</b> .....	3
<b>AGRADECIMIENTO</b> .....	4
<b>RESUMEN</b> .....	10
<b>ABSTRACT</b> .....	11
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	12
<b>CAPITULO I: ANÁLISIS DEL OBJETO DE ESTUDIO</b> .....	15
1.1. Ubicación .....	15
1.2. Evolución histórica y tendencial del objeto de estudio .....	16
1.3. Manifestación del objeto de estudio y características .....	17
1.4. Descripción de la metodología empleada.....	19
<b>CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO</b> .....	21
2.1. Residuos .....	21
2.1.1 Concepto de residuo .....	21
2.2. Residuos de gestión municipal.....	21
2.2.1. Concepto de residuos municipales.....	21
2.2.1.1. Residuos sólidos domiciliarios (RSD) y residuos sólidos urbanos (RSU) .....	22
2.2.1.2. Impacto ambiental de los residuos sólidos urbanos .....	23
2.3. Residuos de gestión no municipal .....	25
2.3.1. Concepto de residuos de gestión no municipal .....	25
2.3.2. Residuos Peligrosos .....	25
2.3.3. Residuos No Peligrosos .....	25
2.3.3.1. Residuos de construcción .....	26
2.3.3.2. Residuos de aparatos eléctricos y electrónicos.....	26
2.4. Residuos de aparatos eléctricos y electrónicos.....	26
2.4.1. Concepto de RAEE .....	26
2.4.2. Composición de los RAEE .....	27
2.4.3. Clasificación de los RAEE: .....	33
2.4.4. Estadísticas de generación de RAEE .....	38
2.4.4.1. RAEE generados en el 2014 .....	38
2.4.4.2. RAEE generados en el 2016 .....	42
2.4.5. Principios y gestión de residuos.....	44

2.4.5.1. Jerarquía de gestión de residuos.....	44
2.4.5.2. Principio de responsabilidad extendida del productor .....	46
2.4.6. Sistema de Gestión de Residuos de Aparatos eléctricos y electrónicos.....	48
2.4.6.1. Sistemas Integrados de gestión de RAEE en España .....	50
<b>CAPÍTULO III: RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>51</b>
3.1 Identificación del manejo actual de los RAEE en el Perú .....	51
3.1.1. Campañas TECNORECICLA RAEE .....	53
3.1.2. Plantas de tratamiento de RAEE.....	54
3.2. Sistema de Gestión de los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos de los hogares del distrito Chiclayo.....	55
3.2.1. Miembros que integrarían el sistema colectivo.....	56
3.2.2. Plan de manejo de RAEE.....	59
3.2.2.1. Datos del sistema .....	59
3.2.2.2. Clientes del sistema Colectivo.....	60
3.2.2.3. Categorías de aparatos eléctricos y electrónicos que maneja el sistema.....	60
3.2.2.4. Descripción del Sistema de Gestión de Residuos de Aparatos eléctricos y electrónicos de los hogares del distrito Chiclayo.....	60
a. Generación de RAEE en los hogares del distrito Chiclayo.....	64
a.1. Grado de instrucción de las personas encuestadas .....	64
a.2. Personas que tienen conocimiento sobre los RAEE.....	64
a.3. Personas que saben que los RAEE poseen componentes peligrosos.....	65
a.4. Personas que estarían dispuestas a entregar sus RAEE .....	65
a.5. Mecanismo de entrega de los RAEE.....	65
a.6. Destino de los aparatos eléctricos que ya no se utilizan.....	65
a.7. Cantidad de Kg de RAEE generados por vivienda según Nivel socioeconómico....	66
a.8. Toneladas de RAEE generados en las viviendas del distrito Chiclayo por Nivel socioeconómico .....	66
a.9. Toneladas de RAEE generados en las viviendas del distrito Chiclayo por categorías de RAEE .....	67
a.10. Porcentaje de RAEE por categorías.....	69
b. Recolección de los RAEE .....	70
c. Transporte y almacenamiento.....	77
d. Tratamiento reaprovechamiento y disposición final de los RAEE .....	77

<b>CONCLUSIONES</b> .....	90
<b>RECOMENDACIONES</b> .....	92
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	93
<b>ANEXOS</b> .....	98

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N°1: Composición porcentual de materiales presentes en los RAEE.....	29
Tabla N°2: Sustancias peligrosas y su localización en los RAEE .....	32
Tabla N°3 Cantidad global de desechos electrónicos generados .....	39
Tabla N°4: RAEE generados por continente en 2016 .....	43
Tabla N°5: Grado de Instrucción de las personas encuestadas.....	64
Tabla N°6: Mecanismo de entrega de RAEE .....	65
Tabla N°7: Destino de los AEE que ya no se utilizan .....	66
Tabla N°8: Kg de RAEE por vivienda.....	66
Tabla N°9: RAEE generados por las viviendas del distrito Chiclayo .....	67
Tabla N°10: Toneladas de RAEE según categorías en las viviendas de Chiclayo .....	68
Tabla N°11: Cantidad promedio de RAEE desechados por los hogares del distrito Chiclayo .....	71



## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N°1: Territorio del distrito Chiclayo .....	15
Figura N°2: Composición en % de peso de los RAEE .....	28
Figura N°3: Composición en % de peso de los RAEE .....	28
Figura N°4: Total de desechos electrónicos por categoría en 2014 .....	39
Figura N°5: Generación de desechos electrónicos por continente en 2014.....	41
Figura N°6: RAEE generados en los últimos años a nivel mundial.....	42
Figura N°7: RAEE por categoría en 2016 .....	43
Figura N°8: Jerarquía Europea de Gestión de Residuos.....	46
Figura N°9: Sistema de Gestión de RAEE de los Hogares del Distrito Chiclayo .....	62
Figura N°10: Diagrama de Tratamiento de RAEE.....	63
Figura N°11: Porcentaje de RAEE por categoría .....	69
Figura N°12: Punto de Acopio de RAEE .....	72
Figura N°13: Embalaje de RAEE .....	74
Figura N°14: Centro de acopio de RAEE .....	76

## RESUMEN

Esta investigación tuvo como objetivo diseñar un sistema de gestión en base a las diferentes etapas de manejo de los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos que permita resolver la eliminación inadecuada de estos residuos generados en los hogares del distrito Chiclayo. La investigación realizada es de tipo tecnológica, de diseño no experimental descriptivo. Se aplicó 128 encuestas a los hogares del distrito Chiclayo para determinar qué cantidad de RAEE genera un hogar. Se determinó que 15,63 Kg de RAEE/año genera una vivienda del nivel socioeconómico AB, 16,89 Kg del nivel socioeconómico C, 11,79 Kg del nivel socioeconómico D, y una vivienda del nivel socioeconómico E solo genera 6,99 Kg de RAEE/año; siendo un total de 853 toneladas de RAEE generados en las viviendas del Distrito Chiclayo. El sistema de gestión que se propone, SISTEMA COLECTIVO CHICLAYO ECOAMIGABLE, estaría formado por: las tiendas comerciales de aparatos eléctricos y electrónicos, los pobladores del Distrito Chiclayo, la Municipalidad Provincial de Chiclayo, Comimtel Recycling, Dymanic Recycling, las Empresas de disposición final de residuos Petramas S.A.C. y Tower and Tower S.A. y las empresas de fundición local y de reciclaje de plástico. Los RAEE recolectados por el sistema serán llevados a una planta de tratamiento de Lima donde serán desensamblados y sus componentes aprovechables serán reciclados y los peligrosos serán llevados a rellenos de seguridad para su disposición final. El sistema de gestión de RAEE propuesto coadyuvará de manera significativa a disminuir la actual eliminación inadecuada de los RAEE y permitirá un control de la emisión de los contaminantes presentes en los RAEE logrando disminuir el impacto ambiental de éstos.

Palabras Claves: Residuos de aparatos eléctricos y electrónicos, Sistema de gestión de RAEE, principio de responsabilidad extendida del productor.

## **ABSTRACT**

The objective of this research was to design a management system based on the different stages of waste management of electrical and electronic equipment to resolve the inadequate disposal of waste generated in the homes of the Chiclayo district. The research carried out is of a technological type, of a non-experimental descriptive design. Surveys were applied to households in the Chiclayo district to determine how much WEEE generates a household. It was determined that 15.63 Kg of WEEE / year generates a house of the socioeconomic level AB, 16.89 Kg of the socioeconomic level C, 11.79 Kg of the socioeconomic level D, and a house of the socioeconomic level E only generates 6.99 Kg of WEEE / year; being a total of 853 tons of WEEE generated in the homes of the Chiclayo District. The management system that is proposed, COLLECTIVE SYSTEM CHICLAYO ECOAMIGABLE, would be formed by: the commercial stores of electrical and electronic equipment, the inhabitants of the Chiclayo District, the Provincial Municipality of Chiclayo, Comintel Recycling, Dymanic Recycling, waste disposal companies Petramas S.A.C. and Tower and Tower S.A., and companies of local casting and plastic recycling. The WEEE collected by the system will be taken to a treatment plant in Lima where they will be disassembled and their usable components will be recycled and the hazardous ones will be taken to landfills for final disposal. The proposed WEEE management system will significantly contribute to reducing the current inadequate disposal of WEEE and will allow a control of the emission of the pollutants present in WEEE, thus reducing the environmental impact of these.

Keywords: Waste electrical and electronic equipment, WEEE management system, principle of extended producer responsibility.

## INTRODUCCIÓN

Uno de los problemas ambientales que representa un desafío, tanto para las autoridades como para los ciudadanos a nivel nacional y mundial, para dar una solución a ello, es la disposición final inadecuada de los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE). En muchos lugares, las personas desechan sus equipos electrónicos al terminar su ciclo de vida junto con los residuos municipales y terminan en los botaderos informales, causando problemas de contaminación ambiental.

Estos residuos van en aumento cada año debido al acelerado avance tecnológico y al crecimiento de adquisiciones de aparatos eléctricos y electrónicos (AEE), lo cual ha reducido el periodo de renovación de estos. Es decir, si hace unos años una persona renovaba su equipo telefónico cada 5 años ahora lo hace cada 2 años o en menos tiempo. Generándose así una mayor cantidad de RAEE.

En el año 2016 se generaron a nivel mundial 44,7 millones de toneladas de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos. La generación per cápita varía de un país a otro. Siendo bastante grande la diferencia de desechos electrónicos generados en los países desarrollados frente a los países en desarrollo. El país más rico del mundo en 2016 generó un promedio de 19,6 Kg/hab mientras que los más pobres generaron solo 0,6 Kg/hab. Con respecto a la cantidad de RAEE por continente en 2016, las investigaciones registraron: 0,7 Mt en Oceanía, 2,2 Mt en África, 11,3 Mt en América, 12,3 Mt en Europa, y 18,2 Mt en Asia. Así mismo, las tasas de recolección y reciclaje de RAEE fueron de 6%, 0%, 17%, 35 % y 17 % respectivamente. Siendo Europa el continente que mayor cantidad de RAEE recicló. Como se puede ver, las tasas de reciclaje son muy bajas.

A nivel nacional en el año 2016 se generaron alrededor de 160 000 toneladas de RAEE, siendo el 90% aparatos electrodomésticos como televisores, radios o equipos de sonido y equipos de informática y telecomunicaciones como celulares, computadoras e impresoras. Gran parte de estos residuos han sido recolectados por recicladores informales quienes desarman los RAEE para obtener metales

valiosos como oro, plata, cobre y titanio, los cuales son comercializados y el resto de materiales no aprovechables son eliminados en los botaderos de basura o son quemados.

Esta situación es preocupante, ya que los RAEE poseen componentes peligrosos que perjudican el ambiente y la salud de las personas. Ante esta situación surge la presente investigación, cuyo objetivo general es diseñar un sistema de gestión en base a las diferentes etapas de manejo de los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos que permita resolver la eliminación inadecuada de los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos de los hogares del distrito de Chiclayo. Los objetivos específicos de la investigación son: identificar el manejo actual de los RAEE en el Perú; determinar una cantidad aproximada de RAEE generados en los hogares del distrito de Chiclayo; identificar los elementos que formarán parte del sistema de gestión de RAEE que se diseñará; determinar la cantidad de RAEE que serán manejados por el sistema de gestión y los medios de acopio de estos RAEE e identificar las tecnologías para las etapas de tratamiento y reaprovechamiento de los RAEE generados en el distrito de Chiclayo.

La hipótesis planteada es: si se diseña el sistema de gestión de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos de los hogares del distrito de Chiclayo en base a las diferentes etapas de manejo de los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos entonces se coadyuvará de manera significativa a disminuir la actual eliminación inadecuada de los RAEE.

En esta investigación solo se ha trabajado con los RAEE que provienen de los hogares del distrito Chiclayo. El sistema de gestión diseñado se denomina: SISTEMA COLECTIVO CHICLAYO ECOAMIGABLE y está conformado por las tiendas comerciales de aparatos eléctricos y electrónicos, los pobladores del Distrito Chiclayo, la Municipalidad Provincial de Chiclayo, Comimtel Recycling, Dynamic Recycling, las Empresas de disposición final de residuos Petramas S.A.C. y Tower and Tower S.A., y las empresas de fundición local y de reciclaje de plástico.

La finalidad de este sistema es que todos los elementos del sistema trabajen de manera conjunta y coordinada para realizar eficientemente las etapas de manejo de

RAEE: generación, recolección, transporte, almacenamiento, tratamiento, reaprovechamiento y disposición final.

Este sistema durante el primer año de funcionamiento acopiará el 1 % de los RAEE generados en los hogares del distrito Chiclayo, siendo 8,5 tn de RAEE que recolectará mediante los puntos de acopio y el centro de acopio permanente que se proponen; y las campañas de acopio realizadas por la municipalidad provincial de Chiclayo junto con algunas instituciones públicas y privadas.

Sería muy beneficioso para todo el distrito que se pueda llegar a implementar este sistema de gestión de RAEE, ya que actualmente no existen sistemas de manejo de RAEE en nuestra ciudad, y un gran reto dado que uno de los aspectos primordiales y más difíciles de lograr es la educación ambiental de las personas. Una tarea difícil pero no imposible de lograr si se trabaja, con gallardía y rectitud de intención, buscando siempre el bien y la verdad.

## CAPITULO I: ANÁLISIS DEL OBJETO DE ESTUDIO

### 1.1. Ubicación

La presente investigación se realizó en el distrito Chiclayo. El objetivo de esta investigación fue diseñar un sistema de gestión en base a las diferentes etapas de manejo de los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos que permita resolver la eliminación inadecuada de los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos de los hogares del distrito Chiclayo.

En la figura N°1 se observa el territorio del distrito Chiclayo.

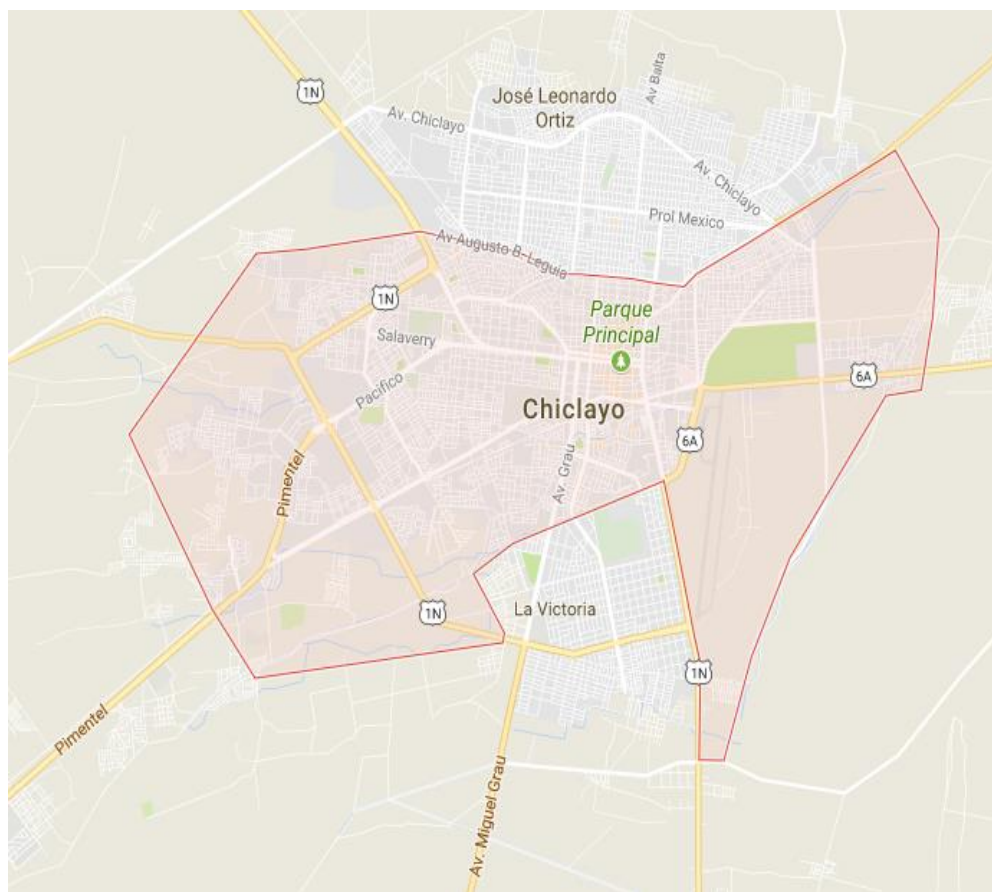


Figura N°1: Territorio del distrito Chiclayo

Fuente: Google maps. <https://www.google.com.pe/maps/place/Chiclayo/>

## 1.2. Evolución histórica y tendencial del objeto de estudio

El acelerado avance de la tecnología, la reducción del ciclo de vida de los aparatos eléctricos y electrónicos y el consumismo ha traído como consecuencia una mayor adquisición de aparatos eléctricos y electrónicos los cuales al quedar obsoletos se convierten en residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE).

A nivel mundial, aproximadamente 30 a 50 millones de toneladas de RAEE son eliminados cada año, con una tasa de crecimiento anual estimada de 3 a 5 %.<sup>1</sup>

Baldé C P et al. en su investigación The global e-waste monitor 2017 afirma que, en el año 2016 se generaron 44,7 millones de toneladas métricas de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos. Siendo Asia el continente con mayor cantidad de RAEE con 18,2 Mt, lo que equivale a 4,2 Kg/habitante. Sin embargo, el continente que más RAEE genera por habitante es Oceanía con una generación per cápita de 17,3 Kg/hab. Pero por ser un continente con poca población, la cantidad de RAEE generada fue de 0,7 Mt.

Se espera que la cantidad de desechos electrónicos aumente a 52,2 Mt en 2021, con una tasa de crecimiento anual de 3 a 4%<sup>2</sup>.

Magalini F et al. en su investigación E- waste en América Latina menciona que de los 40 millones de toneladas de residuos aparatos eléctricos y electrónicos que se generaron a nivel mundial en el 2014, le corresponde a América Latina alrededor de 4 millones de toneladas. Y se espera que la cantidad de residuos electrónicos regionales aumente a 4,8 millones de toneladas en 2018. Se trata de un crecimiento de 70% respecto a 2009, en el cual se generaron 2.84 millones de toneladas. Y se espera que la tasa de crecimiento anual se reduzca del 7% en 2012 al 5% en el 2018 <sup>3</sup>.

A nivel nacional, según el E-waste World Map en el año 2014 se generaron en Perú 148 000 toneladas de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos considerándose una generación per cápita de 4,7Kg.<sup>4</sup>



En el año 2016 se generaron alrededor de 160 000 toneladas de RAEE, siendo el 90% aparatos electrodomésticos como televisores, radios o equipos de sonido y equipos de informática y telecomunicaciones como celulares, computadoras e impresoras. En dos años se espera que esta cifra sea de 200 000 toneladas. Siendo los principales generadores de este tipo de residuos los hogares con 40%, empresas privadas con 40% y entidades del estado con 20%.<sup>5</sup>

En nuestro país al igual que en muchos países en desarrollo, estos residuos eléctricos y electrónicos no cuentan con un sistema de recogida y tratamiento, sino que son acopiados por recicladores informales, quienes desmantelan estos residuos, en condiciones de trabajo precarias, para recuperar algunos metales valiosos y otros materiales para luego venderlos a empresas comercializadoras de residuos sólidos o a fundidoras. Y los desechos que no tienen valor son llevados a los botaderos.<sup>6</sup>

Este reciclaje informal, es un peligro tanto para las personas como para el medio ambiente, debido a las sustancias peligrosas que contienen estos residuos.

### 1.3. Manifestación del objeto de estudio y características

En Chiclayo, no existe ningún sistema de manejo de los RAEE. Una parte de los RAEE que provienen de los hogares; llegan al mercado de segundo uso, otros son donados y otra parte de estos residuos terminan en el botadero de Reque.

Con respecto al mercado de segunda mano, los lugares donde se comercializa los RAEE son: el centro comercial Feria Balta, galerías Rosadas, mercado modelo, Tacorita y la Cachina. En el centro comercial Feria Balta, hay varios puestos de técnicos que reparan las tarjetas de circuitos electrónicos de celulares, trabajan en puestos de 2x2 m durante 10 a 12 horas diarias, desmantelando diferentes equipos sin ninguna precaución, ya que desconocen el peligro de estos. Las partes de los componentes que no les sirven los arrojan a la basura.

En las galerías Rosadas, se encuentra varios locales de reparación de aparatos electrónicos como televisores, computadoras y celulares; según los trabajadores lo que principalmente se bota a la basura son las carcasas de plástico y de caucho,

puesto que nadie las compra, a diferencia de las tarjetas y otras partes que son comprados por los recicladores.

En Tacorita se vende ambulatoriamente diversos aparatos como radios, celulares, teléfonos fijos, auriculares, altoparlantes, cables, modem, video games, DVD player, algunos discos duro, etc. Los vendedores afirman que los objetos que no se puedan comercializar para un reuso (reutilizarlo para el fin que fue creado) son vendidos en la zona denominada la cachina, donde los aparatos eléctricos y electrónicos se desarmen para recuperar las partes valiosas y el resto es quemado o arrojado al botadero de Reque<sup>7</sup>.

Los materiales que extraen son el cobre, aluminio, bronce, acero. Estos materiales y lo que se considera chatarra; los venden a los recicladores y a Empresas operadoras de residuos sólidos EO-RS. Una de ellas es la Empresa Comercializadora Exportadora INBC la cual es proveedora de la Empresa Aceros Arequipa.

Ante esta problemática la municipalidad provincial de Lambayeque desde el año 2014 está promoviendo campañas de acopio de RAEE, los cuales son recolectados y posteriormente recogidos por la Empresa Operadora de residuos sólidos Comintel Recycling, esta empresa tiene su planta de tratamiento de RAEE en la ciudad de Lima.

La municipalidad provincial de Chiclayo desde el 2017, ha empezado a trabajar en este tema, organizando en el mes de setiembre el I Seminario de Gestión y manejo de los residuos de aparatos eléctricos para concientizar a las personas sobre el manejo responsable de estos residuos, y el 7 de diciembre realizó la primera campaña de acopio con el nombre de RECICLAFEST RAEE 2017, en la cual se pudo recolectar 4 tn de RAEE.

#### 1.4. Descripción de la metodología empleada

Los RAEE son generados en 3 sectores: los hogares, las empresas privadas y las entidades del Estado. Para esta investigación sólo se está considerando los RAEE generados en los hogares, específicamente los hogares del distrito Chiclayo.

El objeto de estudio son los RAEE generados en los hogares del distrito Chiclayo. Para esta investigación solo se están considerando las 4 primeras categorías, de las 10 categorías de RAEE que existen, las cuales son:

Categoría 1: Grandes electrodomésticos: dentro de esta categoría se encuentran los aparatos que pertenecen a la línea blanca. Los aparatos que se ha considerado en el cuestionario son: Refrigeradora, congeladora, lavadora, cocina eléctrica, horno microondas, horno eléctrico, ventiladores eléctricos, y aparatos de aire acondicionado.

Categoría 2: Pequeños electrodomésticos: en esta categoría se consideró: aspiradora, plancha, tostadora, y secadora de cabello.

Categoría 3: Equipos de informática y telecomunicaciones: en esta categoría se encuentran los aparatos que pertenecen a la línea gris. Se consideró: computadora de escritorio, laptop, Impresora multifuncional, impresoras, copiadoras, monitor CRT, monitor LCD, monitor LED, CPU, Teclados, mouse, Tablet, scanner, teléfono fijo, teléfono inalámbrico, y celulares.

Categoría 4: Aparatos electrónicos de consumo: en esta categoría se encuentran los aparatos de la línea marrón. Se consideró: radio, equipo de sonido, televisores CRT, televisores LCD, televisores LED, videocámaras (filmadoras), cámaras fotográficas, DVD, Bluray.

El diseño de la investigación es no experimental descriptivo.

La población la constituye el número de viviendas del distrito Chiclayo. Para determinar la muestra se consideró el 95% de confiabilidad, la varianza se estimó a partir de la generación per cápita de RAEE de los países de América Latina<sup>8</sup> y

asumiendo un error de muestreo de 1,32 Kg de RAEE, se obtuvo una muestra de 128 viviendas (ver anexo n°3)

Con respecto a los materiales, instrumentos y métodos de recolección de datos; se utilizó un cuestionario dirigido a los hogares con la finalidad de determinar la cantidad de RAEE que se genera por hogar. (Ver anexo n°1)

El cuestionario se aplicó mediante una encuesta dirigida a cada hogar. Teniendo en cuenta el estudio realizado por Apeim<sup>9</sup> en el 2016, se tomó la siguiente distribución de los hogares según NSE en Lambayeque: 13.1% NSE AB, 28.4% NSE C, 35.1% NSE D, y 23.4% NSE E.

Para saber que viviendas se encuestarían, se tomó como referencia el mapa de estratos sociales del distrito Chiclayo. Según este mapa se encuestó las viviendas ubicadas en la urbanización Santa Victoria, Los Parques, y San Eduardo para el nivel socioeconómico AB, las viviendas de la Urb. Magisterial, Av. Lora y Lora, Urb. La primavera, Las Brisas, Santa Elena, Remigio Silva, San Isidro, Urb. El amauta, Urb. Miraflores para el nivel socioeconómico C, las viviendas de Simón Bolívar, 9 de octubre, Av. Las américas, 4 de noviembre para el nivel socioeconómico D; y las viviendas del PP.JJ. Cruz de la esperanza, PP. JJ. Vista alegre, PP.JJ. Luis Alberto para el nivel socioeconómico E.

## **CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO**

### **2.1. Residuos**

#### **2.1.1 Concepto de residuo**

Cabildo et al <sup>10</sup> define residuo como todo material inútil o no deseado, originado por la actividad humana, en cualquier estado físico (sólido, líquido, gaseoso, y sus respectivas mezclas) que puede ser liberado en cualquier medio receptor (atmósfera, agua suelo).

Según la ley general de residuos sólidos, los residuos son aquellas sustancias, productos o subproductos en estado sólido o semisólido de los que su generador dispone, o está obligado a disponer a través de un sistema que incluya procesos tales como: minimización de residuos, segregación en la fuente, transporte, transferencia y disposición final, entre otros.

Muchos residuos tienen valor económico ya que pueden ser aprovechados y transformados en un nuevo bien. El desafío actual es lograr el reaprovechamiento de los residuos creando así una economía circular.

### **2.2. Residuos de gestión municipal**

#### **2.2.1. Concepto de residuos municipales**

Son los residuos de origen domiciliario, comercial y de aquellas actividades que generen residuos similares a éstos.

#### 2.2.1.1. Residuos sólidos domiciliarios (RSD) y residuos sólidos urbanos (RSU)

Los residuos sólidos domiciliarios (RSD) son los residuos sólidos o semisólidos de origen exclusivamente residencial generados por la actividad humana dentro de la vivienda.

Los residuos sólidos urbanos (RSU) son los residuos sólidos o semisólidos provenientes de las actividades propias de los núcleos poblacionales en general, que incluyen los residuos de origen domiciliario, comercial, de servicios, institucional, de mercados, hospitalarios comunes o no peligrosos, los generados en las oficinas de las industrias, en el barrido y limpieza de las calles y áreas públicas, en podas de plantas de calles, plazas y jardines comunes.

La composición de los RSU es muy variada y heterogénea ya que están constituidos por materiales muy diversos. Los distintos componentes se pueden clasificar según su naturaleza en inertes (metal, vidrio, etc.), fermentables (residuos orgánicos procedentes de restos de alimentos, vegetales, etc.) y combustibles (papel, cartón, plásticos, etc.)

La cantidad de residuos que se producen varía según el país. Los países más desarrollados generan más residuos por habitante y día que los menos desarrollados. Aunque también existen variaciones dentro de un mismo país dependiendo de las características de la zona (urbana o rural), del nivel de vida de la población, de la estación del año, del clima, etc.

Rondón indica que la generación per cápita de residuos sólidos domiciliarios (RSD) en América Latina y Caribe llega a 0,63 Kg/hab/día, mientras que la de residuos sólidos urbanos (RSU) asciende a 0,93 kg/hab/día. Los indicadores per cápita para la región implican una generación urbana diaria aproximada de 295000 t de RSD y 436000 ton de RSU. También indica que en el Perú la generación per cápita (Kg/hab/día) es de 0,47 y 0,75 de RSD y RSU respectivamente <sup>11</sup>.

Según el VI informe anual de residuos sólidos municipales y no municipales, en el año 2013 la generación anual de residuos urbanos sumó aproximadamente 6,8 millones de toneladas de las cuales el 73% corresponde a residuos sólidos domiciliarios y 27% restante a los residuos no domiciliarios. La región que generó mayor cantidad de residuos domiciliarios fue Lima, con un total de 5684 t/día, lo que representa el 42% de los residuos domiciliarios generados en el ámbito nacional.

Con respecto a la composición física de los residuos domiciliarios, los residuos peligrosos incluidos en los residuos domiciliarios, tales como pilas, restos de los servicios higiénicos, papel higiénico, pañales, focos, residuos de pintura, residuos de medicamentos, entre otros, representan el 7,9 %. El 27,88% estaba compuesto por residuos no peligrosos reaprovechables (fibra dura vegetal, papeles, plásticos, vidrios, latas, metales, madera, telas, entre otros); el 50,43% eran restos orgánicos de cocina y el 13,45% eran residuos no peligrosos no reaprovechables<sup>12</sup>.

#### 2.2.1.2. Impacto ambiental de los residuos sólidos urbanos

En nuestro país como en muchos países de América Latina ha prevalecido el manejo de los residuos bajo el esquema de “recolección y disposición final” dejando olvidados el aprovechamiento, reciclaje y tratamiento de los residuos, así como la disposición final sanitaria y ambientalmente adecuada. Utilizándose vertederos y/o botaderos a cielo abierto sin las debidas especificaciones técnicas, se continúa con la práctica de recolección sin clasificación y/o separación de los desechos desde el origen.<sup>13</sup>

Del total de la generación de residuos sólidos municipales al 2014 (7497482 t/año) sólo 3 309712 toneladas, menos del 50% fueron

dispuestos en un relleno sanitario tal como indica la normatividad vigente; siendo el resto dispuesto inadecuadamente en el ambiente.

El principal problema del manejo de residuos sólidos en el Perú es la escasez de lugares adecuados destinados a su disposición final, se estima que el país requiere de 190 infraestructuras para la disposición final de residuos sólidos, sin embargo, en el año 2014 sólo existían 11 rellenos sanitarios con todos los permisos y autorizaciones correspondientes, y 10 instalaciones para la disposición de residuos del ámbito no municipal a nivel nacional.<sup>14</sup>

Los RSU provocan numerosos efectos sobre el medio ambiente como son: producción de malos olores, riesgo de incendios, debido a que los residuos fermentables se autoinflaman fácilmente, contaminación del suelo, aire y aguas superficiales y subterráneas, facilitan la proliferación de vectores de enfermedades como moscas, mosquitos, cucarachas, etc. Y, por último, también contribuyen al deterioro y degradación de los paisajes.

Los olores se pueden desarrollar cuando los residuos sólidos se almacenan durante largos periodos de tiempo, siendo mayor este problema en zonas de clima cálido. Normalmente, la formación de olores se produce por la descomposición anaeróbica de los componentes orgánicos que se encuentran en los RSU. Por ejemplo, en condiciones anaeróbicas los iones sulfato ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) pueden ser reducidos a iones sulfuro ( $\text{S}^{2-}$ ) que después se combinan con hidrógeno para dar sulfuro de hidrógeno ( $\text{H}_2\text{S}$ ).

El color negro de los residuos sólidos que han experimentado descomposición anaeróbica en un vertedero, se debe principalmente a los sulfuros metálicos formados por reacción de los iones sulfuro con metales.



## 2.3. Residuos de gestión no municipal

### 2.3.1. Concepto de residuos de gestión no municipal

El Reglamento de la Ley General de Residuos Sólidos<sup>15</sup> los define como aquellos residuos de carácter peligroso y no peligroso, generados en las áreas productivas e instalaciones industriales o especiales. No comprenden aquellos residuos similares a los domiciliarios y comerciales generados por dichas actividades.

Estos residuos son regulados, fiscalizados y sancionados por los ministerios u organismos reguladores correspondientes.

### 2.3.2. Residuos Peligrosos

Son aquellos que, debido a sus características o al manejo al que deben ser sometidos, representan un riesgo significativo para la salud o el ambiente por presentar al menos una de las siguientes características: autocombustibilidad, explosividad, corrosividad, reactividad, toxicidad, radiactividad, o patogenicidad. Algunos de estos residuos son: los residuos metálicos que contengan plomo o mercurio, los residuos humanos provenientes de establecimientos de salud, los residuos de plaguicidas, los herbicidas, los residuos provenientes de la fabricación de productos químicos, los residuos con cianuro, entre otros indicados en el anexo 4 del Reglamento de la Ley General de Residuos Sólidos. Cada uno de ellos debe ser dispuesto en los rellenos de seguridad.

### 2.3.3. Residuos No Peligrosos

Son aquellos que no se pueden clasificar ni en residuos de gestión municipal ni en residuos peligrosos. Estos residuos en general, cuentan con una regulación propia. Dentro de esta clasificación se encuentran los desechos de las actividades de la construcción y demolición, los Residuos de Aparatos Eléctricos

y Electrónicos (RAEE) y los residuos industriales. Estos residuos son fiscalizados por el sector industrial que los genera.

#### 2.3.3.1. Residuos de construcción

Se rige por lo dispuesto en el reglamento para la gestión y manejo de los residuos de las actividades de la construcción y demolición, aprobado mediante Decreto Supremo N° 003-2013- Vivienda.

#### 2.3.3.2. Residuos de aparatos eléctricos y electrónicos

Estos residuos se rigen por lo dispuesto en el Reglamento Nacional Para la Gestión y manejo de los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos, aprobado mediante Decreto Supremo N°001-2012- MINAM.

### 2.4. Residuos de aparatos eléctricos y electrónicos

#### 2.4.1. Concepto de RAEE

Los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos cuyas siglas son RAEE se refieren a cualquier dispositivo que utilice un suministro de energía eléctrica o una batería, y que ha alcanzado el fin de su vida útil.

En inglés, el término más conocido es e-waste, una reducción al término oficial WEEE (Waste Electrical and Electronic Equipment) de la Unión Europea.

En español, WEEE equivale a RAEE (Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos, siendo este el término oficial para los países de habla hispana.<sup>16</sup>

Los aparatos eléctricos y electrónicos contienen cantidades significativas de materiales tóxicos, tales como el cadmio, plomo y mercurio, que requieren una corriente de tratamiento específica y diferenciada al final de su vida útil, que asegure una correcta disposición final de esos elementos para evitar un impacto negativo en el medio ambiente y la salud de las personas. Por otra parte, estos aparatos también contienen elementos de valor, tales como cobre, oro y plata,

que pueden ser recuperados y reingresar al mercado como materia prima. Este tipo de minería urbana, además de tener un impacto positivo sobre el medio ambiente y la economía, implica menor costo, ahorro de energía y de los recursos naturales de nuestro planeta que la extracción directa.<sup>17</sup>

#### 2.4.2. Composición de los RAEE

Los desechos electrónicos contienen más de 1000 diferentes sustancias, muchas de las cuales son tóxicas, como plomo, mercurio, arsénico, cadmio, selenio, cromo hexavalente y retardantes de llama que crean emisiones de dioxinas cuando son quemados. Alrededor del 70% de los metales pesados (mercurio y cadmio) en los vertederos de EE.UU. provienen de la basura electrónica. Los productos electrónicos de consumo representan el 40% de plomo en los vertederos. Estas toxinas pueden causar daño cerebral, reacciones alérgicas y cáncer.

Los desechos electrónicos también contienen cantidades considerables de materiales valiosos como metales preciosos.

Dada la amplia gama de materiales que se encuentran en los RAEE, es difícil dar una composición de material general para todas las corrientes de RAEE. Sin embargo, la mayoría de los estudios examinan 5 categorías de materiales: metales ferrosos, metales no ferrosos, vidrio, plásticos y otros.<sup>18</sup>

En la figura N°2 se observa la composición en porcentaje de peso de los RAEE, siendo el hierro y el acero los materiales más comunes que se encuentran en los equipos eléctricos y electrónicos y representan casi la mitad del peso total de un RAEE. Los plásticos son el segundo componente más grande en peso representando aproximadamente el 21% de un RAEE. Los metales no ferrosos, incluidos los metales preciosos, representan aproximadamente el 13% del peso total del RAEE (contabilizando el cobre por 7%)

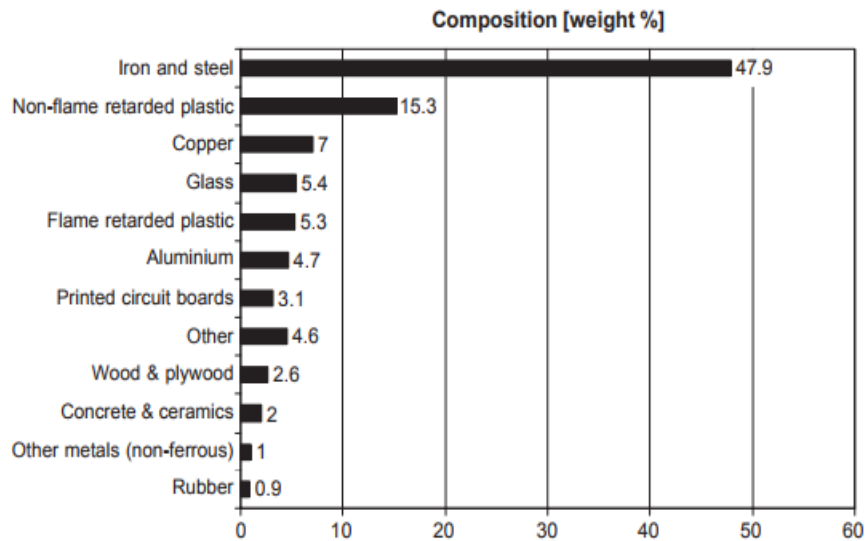


Figura N°2: Composición en % de peso de los RAEE

Fuente: Widmer, R et al. Global perspectives on e-waste, 2005

En la figura N°3 se observa una similar composición en peso (%) de los RAEE, siendo los metales el mayor componente en peso con un 60,2 %, seguido del plástico con un 15,21 %.

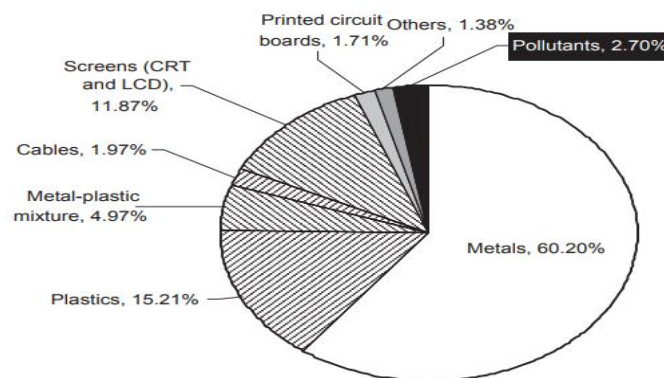


Figura N°3: Composición en % de peso de los RAEE

Fuente: Widmer, R et al. Global perspectives on e-waste, 2005

En la tabla N°1 se encuentra la composición porcentual de materiales presentes en algunas categorías de RAEE.

Tabla N°1: Composición porcentual de materiales presentes en los RAEE

Material	Grandes electrodomésticos	Pequeños electrodomésticos	TIC y electrónica de consumo	Lámparas
Metal Ferroso	43	29	36	-
Aluminio	14	9,3	5	14
Cobre	12	17	4	0,22
Plomo	1,6	0,57	0,29	-
Cadmio	0,0014	0,0068	0,018	-
Mercurio	0,000038	0,000018	0,00007	
Oro	0,00000067	0,00000061	0,00024	
Plata	0,0000077	0,000007	0,0012	
Paladio	0,0000003	0,00000024	0,00006	-
Indio	0	0	0,0005	0,0005
Plásticos bromados	0,29	0,75	18	3,7
Plásticos	19	37	12	0
Vidrio con plomo	0	0	19	0
Vidrio	0,017	0,16	0,3	77
Otros	10	6,9	5,7	5
Total	100	100	100	100

Fuente: Swiss Federal Laboratories for Materials Science and technology  
(EMPA), 2016

Vélez <sup>19</sup> en su investigación también indica que los desechos electrónicos son motivo de preocupación principalmente por la toxicidad y carcinogenicidad de algunas sustancias en caso de ser procesadas indebidamente.

Los aparatos eléctricos y electrónicos poseen sustancias orgánicas halogenadas llamadas PVC y BFRs que son altamente tóxicas y forman parte de las carcasas plásticas, cables, monitores y placas de circuitos impresos.

El cloruro de polivinilo o PVC es un termoplástico clorado que representa una enorme fuente de sustancias contaminantes para el ambiente. Se encuentra en las recubiertas de los cables de los AEE formando más del 90% de los mismos. En el momento de la fabricación del PVC, o cuando éste es quemado, libera dioxinas y furanos clorados. Estas sustancias son tóxicas en bajas concentraciones, se bioacumulan en los tejidos y son persistentes en el ambiente.

El PVC contiene hasta un 56% de cloro que cuando se quema produce grandes cantidades de gas de cloruro de hidrógeno, que se combina con agua para formar ácido clorhídrico y es peligroso cuando se inhala, provocando problemas de diferente índole en el sistema respiratorio

Los retardantes de llama bromados o BFRS, especialmente los PBDEs (policromodifeniléteres), son sustancias que pertenecen a la familia de los compuestos aromáticos y pueden tener hasta diez bromos unidos. Son agregados a los plásticos de alto impacto utilizados en televisores y monitores de computadoras en concentraciones del 5%-30% del peso, para alcanzar los estándares de seguridad de materiales ignífugos.

Estas sustancias tóxicas persisten en el ambiente y contaminan los animales, entran en la cadena alimenticia y se acumulan en el cuerpo de los organismos. La capacidad de biocumularse en el tejido graso y en la cadena alimenticia produce la biomagnificación de los mismos, es decir se encuentra en concentraciones cada vez más alta en el cuerpo. Esto sumado a la toxicidad y

persistencia, hace que esta clase de químicos sean de gran preocupación para el ambiente y la salud humana.

Otras sustancias halogenadas presentes en los RAEE son los CFCs, y los PCBs.

Los clorofluorocarbonos (CFC) son compuestos de carbono, flúor, cloro, y a veces hidrógeno. Se utiliza principalmente en las unidades de enfriamiento y aislamiento de espuma, se han eliminado porque cuando se libera a la atmósfera, se acumulan en la estratósfera y tienen un efecto perjudicial sobre la capa de ozono. Esto se traduce en un aumento de la incidencia del cáncer de piel en los seres humanos y en el daño genético en muchos organismos.

Los bifenilos policlorados (PCB) son una clase de compuestos orgánicos con uso en una variedad de aplicaciones, incluyendo los fluidos dieléctricos de condensadores y transformadores, fluidos de transmisión de calor y aditivos en los adhesivos y plásticos. Se ha demostrado que el PCB causa cáncer en animales y una serie de graves efectos sobre el sistema inmunológico, sistema reproductivo, sistema nervioso, sistema endocrino y otros efectos sobre la salud. Los PCB son contaminantes persistentes en el medio ambiente.

El uso de PCB está prohibido en los países de la OCDE, sin embargo, debido a su amplia utilización en el pasado, todavía se pueden encontrar en los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos, así como en algunos otros desechos.

En la tabla N°2 se muestra las sustancias peligrosas que más comúnmente están presentes en los RAEE y su localización en algunas partes o componentes de los aparatos eléctricos y electrónicos.

Tabla N°2: Sustancias peligrosas y su localización en los RAEE

Sustancia	Localización en los RAEE
<b>Compuestos halogenados</b>	
Bifenilos policlorados (PCB)	Condensadores, transformadores e interruptores de potencia
Tetrabromo bisfenol (TBBA) Polibromobifenilos (PBB) Éteres de difenilo polibromado (PBDE)	Retardantes de llama para plásticos (componentes termoplásticos, aislamiento del cable) TBBA es actualmente el retardante de llama más ampliamente utilizado en las tarjetas de circuito impreso y en las carcasas.
Clorofluorocarbonos (CFC)	Unidad de refrigeración y espuma de aislamiento
Policloruro de vinilo (PVC)	Aislamiento de cables
<b>Metales pesados y otros metales</b>	
Arsénico	Pequeñas cantidades en forma de arseniuro de galio en diodos emisores de luz (LED)
Bario	Captadores (getters) en tubos de rayos catódicos (TRC)
Berilio	Fuentes de potencia que contienen rectificadores controlados de silicio y lentes de rayos X.
Cadmio	Baterías recargables de NiCd, película fluorescente (pantallas de TRC), tintas de impresoras y tóner y máquinas de fotocopias (tambor de impresión)
Cromo VI	Cintas de datos y discos flexibles.
Plomo	Pantallas de TRC, baterías y tarjetas de circuito impreso
Litio	Baterías de Litio
Mercurio	Lámparas fluorescentes que proporcionan iluminación en LCD, en algunas pilas alcalinas y el mercurio como contacto en interruptores
Níquel	Baterías recargables de NiCd o NiMH y cañón de electrones en los TRC
Tierras raras (itrio, europio)	Capa fluorescente (pantalla de los TRC)
Selenio	Máquinas de fotocopias antiguas (fototambores)
Sulfuro de zinc	Interior de las pantallas de tubos de rayos catódicos, mezclado con metales de tierras raras
<b>Otros</b>	
Polvo de tóner	Cartuchos de tóner para impresoras láser y copiadoras
Sustancias radioactivas: Americio	Equipos médicos, detectores de fuego y elementos activos de detectores de humo.

Fuente: Swiss Federal Laboratories for Materials Science and technology (EMPA),

2016



### 2.4.3. Clasificación de los RAEE:

Según el reglamento nacional para la gestión y manejo de los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos <sup>20</sup>, los RAEE se clasifican en:

#### 1. Grandes electrodomésticos: A estos se les denomina línea blanca.

- Grandes equipos refrigeradores
- Frigoríficos
- Congeladores
- Otros grandes aparatos utilizados para la refrigeración, conservación y almacenamiento de alimentos.
- Lavadoras
- Secadoras
- Lavavajillas
- Cocinas
- Estufas eléctricas
- Placas de calor eléctricas
- Hornos de microondas
- Otros grandes aparatos utilizados para cocinar y en otros procesos de transformación de alimentos.
- Aparatos de calefacción eléctricos.
- Radiadores eléctricos
- Otros grandes aparatos utilizados para calentar habitaciones, camas, muebles para sentarse.
- Ventiladores eléctricos.
- Aparatos de aire acondicionado
- Otros aparatos de aireación, ventilación aspirante y aire acondicionado.

#### 2. Pequeños electrodomésticos

- Aspiradoras
- Otros aparatos y difusores de limpieza y mantenimiento.

- Aparatos utilizados para coser, hacer punto, tejer y para otros procesos de tratamiento de textiles
- Planchas y otros aparatos utilizados para planchar y para dar otro tipo de cuidados a la ropa.
- Tostadoras
- Freidoras
- Cafeteras y aparatos para abrir o precintar envases o paquetes
- Cuchillos eléctricos
- Aparatos para cortar el pelo, para secar el pelo, para cepillarse los dientes, máquinas de afeitar, aparatos de masaje y otros cuidados corporales
- Relojes, relojes de pulsera y aparatos destinados a medir, indicar o registrar el tiempo
- Balanzas

3. Equipos de informática y telecomunicaciones: son los aparatos de la línea gris.

a) Proceso de datos centralizado:

- Grandes computadores
- Mini computadoras
- Unidades de impresión

b) Sistemas informáticos personales:

- Computadores portátiles (incluyendo unidad central, ratón, pantalla y teclado)
- Computadores portátiles tipo notebook
- Computadores portátiles tipo notepad
- Impresoras
- Copiadoras
- Máquinas de escribir eléctricas o electrónicas
- Calculadoras de mesa o de bolsillo
- Otros productos y aparatos para la recogida, almacenamiento, procesamiento, presentación o comunicación de información de manera electrónica.

- Sistemas y terminales de usuario
- Terminales de fax
- Terminales de télex
- Teléfonos fijos
- Teléfonos inalámbricos
- Teléfonos celulares
- Contestadores automáticos
- Otros productos o aparatos de transmisión de sonido, imágenes u otra información por telecomunicación.

4. Aparatos electrónicos de consumo: son los aparatos de la línea marrón.

- Radios
- Televisores
- Videocámaras
- Vídeos
- Cadenas de alta fidelidad
- Amplificadores de sonido
- Instrumentos musicales
- Otros productos o aparatos utilizados para registrar o reproducir sonido o imágenes, incluidas las señales y tecnologías de distribución del sonido e imagen distintas de la telecomunicación

5. Aparatos de alumbrado:

- Luminarias para lámparas fluorescentes, excluidas las luminarias de hogares particulares
- Lámparas fluorescentes rectas
- Lámparas fluorescentes compactas
- Lámparas de descarga de alta intensidad, incluidas las lámparas de sodio de presión y las lámparas de haluros metálicos.
- Lámparas de sodio de baja presión

- Otros aparatos de alumbrado utilizados para difundir o controlar luz, excluidas las bombillas de filamentos.

#### 6. Herramientas eléctricas y electrónicas

- Taladradoras
- Sierras
- Máquinas de coser
- Herramientas para torneear, molturar, enarenar, pulir, aserrar, cortar, cizallar, taladrar, perforar, punzar, plegar, encorvar o trabajar la madera, el metal u otros materiales de manera similar.
- Herramientas para remachar, cavar, o atornillar o para sacar remaches, clavos, tornillos o para aplicaciones similares
- Herramientas para soldar (con o sin aleación) o para aplicaciones similares
- Herramientas para rociar, esparcir, propagar o aplicar otros tratamientos con sustancias líquidas o gaseosas por otros medios.
- Herramientas para cortar césped o para otras labores de jardinería.
- Otras herramientas (excepto las herramientas industriales fijas permanentemente de gran envergadura, instaladas por profesionales)

#### 7. Juguetes o equipos deportivos y de tiempo libre

- Trenes eléctricos
- Consolas portátiles
- Videojuegos
- Ordenadores para realizar ciclismo, submarinismo, correr, remar, etc.
- Material deportivo con componentes eléctricos o electrónicos
- Máquinas tragamonedas, máquinas de juego en general
- Otros juguetes o equipos deportivos y de tiempo libre eléctricos o electrónicos.

8. Aparatos médicos (excepto todos los productos implantados e infectados)

- Aparatos de radioterapia
- Cardiología
- Diálisis
- Ventiladores pulmonares
- Aparatos de laboratorio para diagnóstico in vitro
- Analizadores
- Congeladores
- Pruebas de fertilización
- Otros aparatos para detectar, prevenir, supervisar, tratar o aliviar enfermedades, lesiones discapacidades

9. Instrumentos de vigilancia y control

- Detector de humo
- Reguladores de calefacción
- Termostatos
- Aparatos de medición, pesaje o reglaje para el hogar o como material de laboratorio
- Otros instrumentos de vigilancia y control eléctricos y electrónicos utilizados en instalaciones industriales (por ejemplo, en paneles de control)

10. Máquinas expendedoras:

- Máquinas expendedoras de bebidas calientes
- Máquinas expendedoras de botellas o latas, frías o calientes
- Máquinas expendedoras de productos sólidos
- Máquinas expendedoras de dinero.

## 2.4.4. Estadísticas de generación de RAEE

### 2.4.4.1. RAEE generados en el 2014

En el año 2014, los desechos electrónicos mundiales alcanzaron niveles récord, llegando a 41,8 millones de toneladas (Mt). Lo que aumentó las preocupaciones sobre los crecientes riesgos para la salud pública, la conservación de los recursos y el medio ambiente.

Con las tecnologías que cambian rápidamente y la constante demanda de los últimos dispositivos por parte de los consumidores, el aumento de los desechos electrónicos continuará. Reducir la cantidad de componentes electrónicos que entran en la corriente de desechos y mejorar el manejo al final de su ciclo de vida es esencial para construir una economía circular, donde los desechos se reducen, los recursos se conservan y se retroalimentan a la cadena de suministro de nuevos productos. Los compradores también tienen un papel importante que jugar eligiendo productos que sean menos peligrosos y estén diseñados para un reciclaje más seguro<sup>21</sup>.

Según el informe de la UNU la cantidad global de desechos electrónicos generados en 2014 está compuesta por 1,0 Mt de lámparas, 3,0 Mt de pequeños equipos IT, 6,3 Mt de pantallas y monitores, 7,0 Mt de equipos de intercambio de temperatura (equipos de enfriamiento y congelación), 11,8 Mt de equipos grandes y 12,8 Mt de equipos pequeños. Se espera que la cantidad de desechos electrónicos crezca hasta 49,8 Mt en 2018, con una tasa de crecimiento anual de 4 a 5%<sup>22</sup>.

Tabla N°3 Cantidad global de desechos electrónicos generados

GLOBAL QUANTITY OF E-WASTE GENERATED			
Year	E-waste generated (Mt)	Population (billion)	E-waste generated (kg/inh.)
2010	33.8	6.8	5.0
2011	35.8	6.9	5.2
2012	37.8	6.9	5.4
2013	39.8	7.0	5.7
2014	41.8	7.1	5.9
2015	43.8	7.2	6.1
2016	45.7	7.3	6.3
2017	47.8	7.4	6.5
2018	49.8	7.4	6.7

Fuente: UNU-IAS. The global e-waste monitor 2014

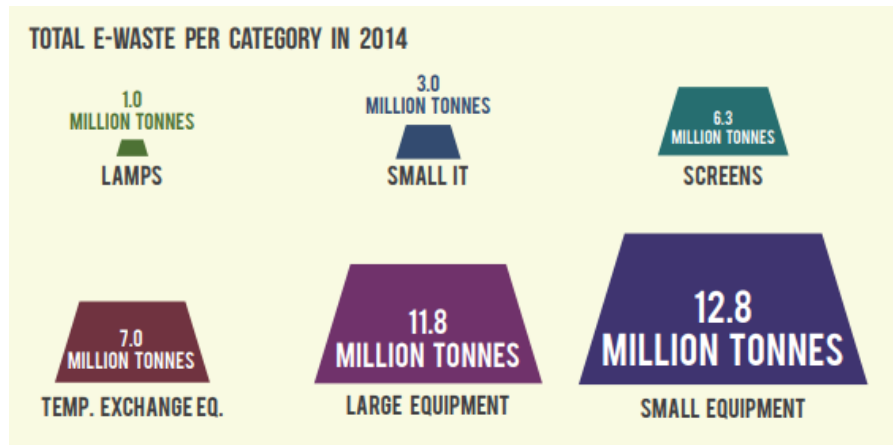


Figura N°4: Total de desechos electrónicos por categoría en 2014

Fuente: UNU-IAS. The global e-waste monitor 2014

Con respecto a la generación de desechos electrónicos por continentes, la mayoría de los desechos electrónicos se generaron en Asia: 16 Mt en el 2014. Siendo 3,7 kg/hab la generación per cápita.

La mayor cantidad de desechos electrónicos por habitante (15,6 kg/hab) se generó en Europa. En toda Europa (Incluida Rusia) se generó 11,6 Mt. La menor cantidad de desechos electrónicos se generó en Oceanía con 0,6 Mt. Sin embargo, la cantidad por habitante era casi tan alta como la de Europa (15,2 kg/hab). La menor cantidad de desechos electrónicos por habitante se generó en África, donde sólo 1,7 kg/hab fue generado y todo el continente generó 1,9 Mt de desechos electrónicos.

América generó 11,7 Mt de desechos electrónicos (7,9 Mt para América del Norte, 1,1 Mt para América Central, y 2,7 Mt para Sudamérica) siendo su generación por habitante 12,2 Kg/hab.





Figura N°5: Generación de desechos electrónicos por continente en 2014

Fuente: UNU-IAS. The global e-waste monitor 2014

#### 2.4.4.2. RAEE generados en el 2016

En el 2016 se generó a nivel mundial una cantidad total de 44,7 millones de toneladas métricas (Mt) o 6,1 Kg por habitante de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos. Se estima que, en 2017 la generación mundial de residuos electrónicos superará los 46 Mt. Se espera que la cantidad de desechos electrónicos aumente a 52,2 Mt en 2021, con una tasa de crecimiento anual de 3 a 4%<sup>2</sup>.

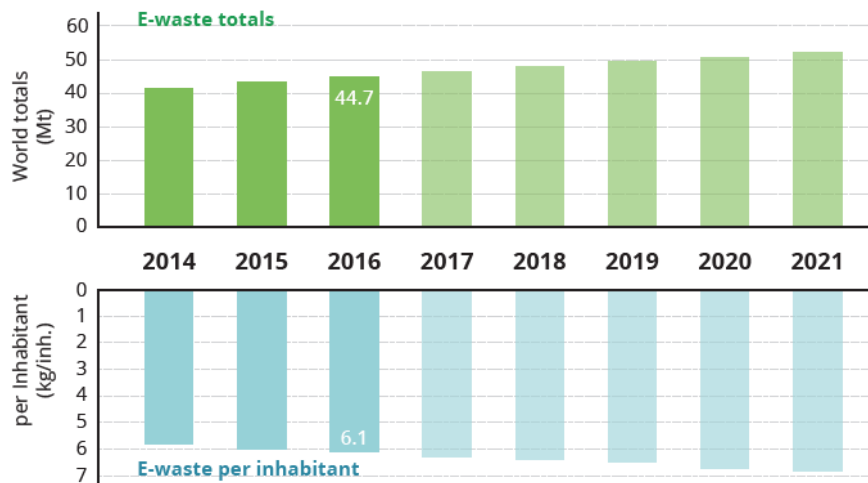


Figura N°6: RAEE generados en los últimos años a nivel mundial

Fuente: UNU-VIE SCYCLE. The global e-waste monitor 2017

Los 44,7 millones de toneladas métricas generadas en 2016 está compuesta por 16,8 Mt de equipos pequeños, 9,1 Mt de equipos grandes, 7,6 Mt de equipos de intercambio de temperatura, 6,6 Mt de pantallas y monitores, 0,7 Mt de lámparas y 3,9 Mt de pequeños equipos IT.

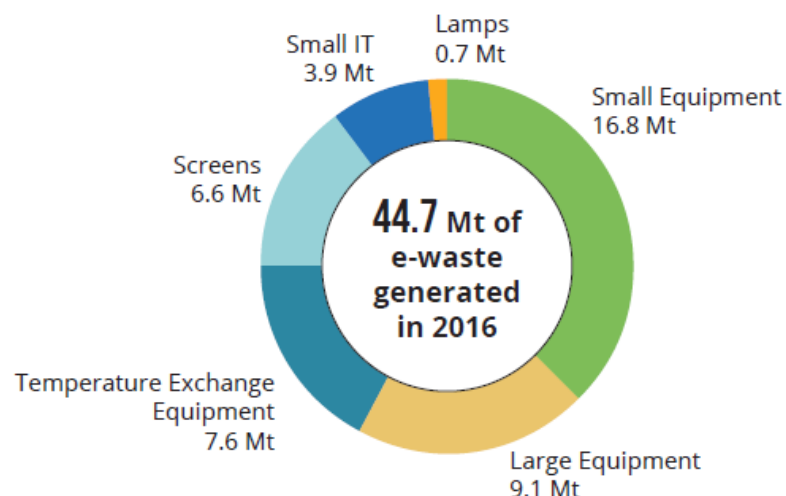


Figura N°7: RAEE por categoría en 2016

Fuente: UNU-VIE SCYCLE. The global e-waste monitor 2017

En la tabla N°4 se observa la generación de RAEE por continente, siendo Asia el continente que mayor RAEE generó con 18,2 Mt. Esto equivale a 4,2 Kg/habitante. Sin embargo, el continente que más genera RAEE por habitante es Oceanía con una generación per cápita de 17,3 Kg/hab.

Tabla N°4: RAEE generados por continente en 2016

Indicator	Africa	Americas	Asia	Europe	Oceania
Countries in region	53	35	49	40	13
Population in region (millions)	1,174	977	4,364	738	39
WG (kg/inh)	1.9	11.6	4.2	16.6	17.3
Indication WG (Mt)	2.2	11.3	18.2	12.3	0.7
Documented to be collected and recycled (Mt)	0.004	1.9	2.7	4.3	0.04
Collection Rate (in region)	0%	17%	15%	35%	6%

Fuente: UNU-VIE SCYCLE. The global e-waste monitor 2017

## 2.4.5. Principios y gestión de residuos

### 2.4.5.1. Jerarquía de gestión de residuos

El principio sobre el que giran las políticas europeas en la materia de residuos es la “jerarquía de residuos”. La prevención de residuos es la mayor prioridad en esta jerarquía, seguida de la preparación para la reutilización, el reciclaje, otras formas de valorización (incluida la energética) y el vertido o eliminación, siendo esta última la opción menos deseable.<sup>23</sup>

La prevención se refiere a medidas adoptadas antes de que una sustancia, material o producto se haya convertido en residuos, para reducir:

- La cantidad de residuo, incluso mediante la reutilización de los productos o el alargamiento de la vida útil de los productos.
- Los impactos adversos sobre el medio ambiente y la salud humana de la generación de residuos, o
- El contenido de sustancias nocivas en materiales y productos.

El nivel preparación para la reutilización es la operación de valorización que consiste en la comprobación, limpieza o reparación, mediante la cual productos o componentes de productos que se hayan convertido en residuos se preparan para que puedan reutilizarse sin ninguna otra transformación previa.

El reciclaje, es toda operación de valorización mediante la cual los materiales de residuos son transformados de nuevo en productos, materiales o sustancias, tanto si es con la finalidad original como con cualquier otra finalidad. Incluye la transformación de material orgánico, pero no la valorización energética ni la transformación en materiales que se vayan a usar como combustible o para operaciones de relleno.

La valorización es cualquier operación cuyo resultado principal sea que el residuo sirva a una finalidad útil al sustituir a otros materiales que de otro modo se habrían utilizado para cumplir una función particular. Algunos ejemplos de operaciones de valorización son: utilización principal como combustibles u otros modos de producir energía, recuperación o regeneración de disolventes, reciclado recuperación de sustancias orgánicas que no se utilizan como disolventes (incluidos el compostaje y otros procesos de transformación biológica), reciclado o recuperación de metales y de compuestos metálicos, reciclado o recuperación de otras materias inorgánicas, etc.

Con respecto al último nivel de la jerarquía de gestión de residuos, la eliminación es cualquier operación que no sea la valorización, incluso cuando la operación tenga como consecuencia secundaria el aprovechamiento de sustancias o energía. Algunos ejemplos de operaciones de eliminación son: depósito sobre el suelo o en su interior (vertido), tratamiento en medio terrestre (biodegradación de residuos líquidos o lodos en el suelo), inyección en profundidad (inyección de residuos bombeables en pozos, o fallas geológicas naturales), embalse superficial (vertido de residuos líquidos o lodos en pozos, estanques o lagunas), vertido en lugares especialmente diseñados (colocación en celdas estancas separadas, recubiertas y aisladas entre sí y el medio ambiente), vertido en el medio acuático, salvo en el mar, vertido en el mar, incluida la inserción en el lecho marino, incineración en tierra, incineración en el mar, tratamiento fisicoquímico que dé como resultado compuestos o mezclas que se eliminan mediante procedimientos como evaporación, secado, calcinación, almacenamiento permanente (colocación de contenedores en una mina), etc.<sup>24</sup>



*Figura N°8: Jerarquía Europea de Gestión de Residuos*

Fuente: ESMARTCITY. Economía Circular. Hacia el residuo cero en el ámbito municipal 2017

#### 2.4.5.2. Principio de responsabilidad extendida del productor

Lindhqvist <sup>25</sup> define la REP como “un principio político para promover mejoras ambientales para ciclos de vida completos de los sistemas de los productos al extender las responsabilidades de los fabricantes del producto a varias fases del ciclo total de su vida útil, y especialmente a su recuperación, reciclaje y disposición final. Un principio político es la base para elegir la combinación de instrumentos normativos a ser implementados en cada caso en particular. La responsabilidad extendida del productor (REP) es implementada a través de instrumentos políticos administrativos, económicos e informativos.

La REP implica tres principios: “enfoque de prevención de la contaminación”, “pensamiento sobre el ciclo de vida” y “el que contamina paga”

Un programa REP tiene dos grupos de objetivos: (1) la mejora en el diseño de los productos y sus sistemas, y (2) la alta utilización de productos y materiales de calidad a través de la recolección, tratamiento y reutilización o reciclaje (de manera ecológica y socialmente conveniente).

Con respecto al primer grupo, la REP redefine los productos y sus diseños como recipiente y raíz de los problemas ambientales. Es decir que del diseño de los productos dependerá el grado de contaminación de estos. Esta es la razón por la que se hace responsables a los fabricantes, porque la mayoría de los impactos ambientales están (pre) determinados por el diseño de sus productos. Por lo tanto, un programa REP efectivo deberá brindar incentivos a los fabricantes para que adopten diseños ambientales (ED), es decir, “el desarrollo de productos aplicando criterios ambientales que apuntan a la reducción de los impactos en el medio ambiente a lo largo del ciclo de vida del producto”.

La mejora en los diseños se puede dividir en 2 categorías: mejoras en el diseño del producto y mejora en los sistemas del producto. La categoría mejoras en el diseño del producto se refiere a la elección de materiales de bajo impacto o a la sustitución de componentes, la reducción del tamaño y peso del producto, la reducción de la energía usada durante la etapa de utilización, el diseño para el desarmado, el diseño para el reciclaje, y la prolongación del ciclo de vida útil de un producto mejorando su calidad.

La segunda categoría, mejora en los sistemas de producto, implica todos los demás factores, independientemente del producto en sí, que permite su funcionamiento a lo largo del ciclo de vida útil. Como ejemplo de mejoras en el sistema del producto se incluye el desarrollo de tecnologías de reciclaje, logística inversa y estrategias de mercado, como el leasing de productos.

Cabe destacar que el primer grupo de objetivos REP es completamente aplicable sólo a los nuevos productos que aún no están en el mercado y que pueden ser rediseñados.

El segundo grupo de objetivos REP puede subdividirse en tres categorías: recolección, tratamiento, y reutilización y reciclaje.

Primero, un programa REP efectivo debe lograr clasificar los productos desechados e incorporarlos al sistema. Segundo, los RAEE recolectados deben ser tratados en un modo adecuado para el medio ambiente. Tercero, su valor material y su valor calórico deben ser aprovechados de manera óptima a través de la reutilización, del reciclaje del material y de la valorización energética, es decir en concordancia con la llamada “jerarquía de gestión de residuos”. Este grupo de objetivos es igualmente aplicable tanto a los nuevos productos como a los productos históricos, es decir a los productos que fueron lanzados al mercado antes de la implementación de un programa REP.

#### 2.4.6. Sistema de Gestión de Residuos de Aparatos eléctricos y electrónicos

Un Sistema Integrado de gestión de RAEE es el conjunto de instituciones, actores, actividades, acciones y tareas interrelacionadas que conforman e integran las distintas etapas de la gestión ambientalmente sostenible de los RAEE que podrán conformar subsistemas en función del ámbito geográfico, categorías y tipos de AEE y/u otras especificidades.

Para que un sistema de gestión de los RAEE tenga éxito se necesita la cooperación activa de todos los actores de los sectores de las tecnologías de la información y comunicaciones (TIC), las empresas importadoras de AEE, las empresas distribuidoras y comercializadoras de AEE, los ministerios del ambiente y salud, y de la sociedad en general con el apoyo de las universidades y del gobierno regional y municipal. Esta cooperación se dará si



cada actor del sistema tiene bien definidas sus funciones y la responsabilidad con que las ejecute.

En la implementación de un sistema de gestión de RAEE se debe tener en cuenta que el concepto de RAEE está basado en la idea de abandono o descarte por su poseedor, lo cual no implica necesariamente que su ciclo de vida haya concluido. Muchas veces, por el consumismo, las personas cambian sus equipos a pesar de que estos siguen funcionando correctamente. Ante esto toda normativa RAEE que se desarrolle en cualquier país, debe seguir la secuencia de las 3 R de los RAEE:

- Remanufactura o reacondicionamiento de AEE: lo cual incluye procesos y procedimientos de re- manufactura o re- acondicionamiento, para extensión del ciclo de vida de conjunto del aparato o sus partes.
- Reciclado del AEE: que incluye procesos de desmontaje o de manufactura, segregación de materiales, compuestos, polímeros y metales por tipo/color/estado, procesamiento para su reventa como metales ferrosos (hierro), metales no ferrosos (cobre, latón, aluminio, zinc, inoxidable, etc), plásticos, vidrios, compuestos, etc. El reciclador desmonta, segrega y clasifica materias primas para acondicionarlos para su venta como insumo de un nuevo proceso industrial.
- Refinado y primarización: en éstos incluimos al conjunto de procesos y tecnologías para obtener las materias primas o commodities en su estado comercial para ser comercializadas al mercado industrial global. Sus precios se referencian a los de mercados de materias primas, en especial al LME (London metal Exchange).

#### 2.4.6.1. Sistemas Integrados de gestión de RAEE en España

Según la Directiva 2002/96/CE del Parlamento Europeo y de Consejo sobre los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos, la responsabilidad principal del manejo de los RAEE recae sobre los productores de los aparatos eléctricos y electrónicos. Para hacer frente a estas obligaciones, los productores (fabricantes e importadores) tienen la posibilidad de asociarse creando entidades sin ánimo de lucro que se responsabilicen de la correcta gestión de los productos puestos en el mercado al final de su vida útil. Estas entidades se denominan Sistemas Integrados de gestión.

En España se han constituido diversos SIG para garantizar la gestión de RAEE conforme a la normativa. Algunos de ellos son:

- ECOLEC: dedicado a las categorías de grandes electrodomésticos, pequeños electrodomésticos, herramientas eléctricas o electrónicas, instrumentos de vigilancia o control y máquina expendedoras. Se ha constituido por la Asociación Nacional de Fabricantes de electrodomésticos de Línea Blanca (ANFEL) y la Asociación Española de Fabricantes de Pequeños electrodomésticos (FAPE).
- ECOTIC: dedicado a las categorías de grandes electrodomésticos (aparatos de aire acondicionado), equipos de informática y telecomunicaciones, aparatos electrónicos de consumo, juguetes, aparatos médicos e instrumentos de vigilancia y control.
- ECORAEES: Es un SIG dedicado a la informática y sus componentes también a las pilas y baterías. Representa a distintas empresas de ensambladores y fabricantes de componentes de ordenadores.
- AMBILAMP: Sistema Integrado de Gestión de los residuos de diversos tipos de lámparas (fluorescentes, ahorradoras compactas integradas y no integradas y lámparas de descarga). AMBILAMP ha sido creada por Philips, osram, Silvania y GE.

## **CAPÍTULO III: RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

Luego de haber revisado y analizado investigaciones sobre los RAEE, los principios de gestión, y los sistemas integrados de gestión de RAEE que actualmente funcionan, se procedió al desarrollo de los objetivos de esta investigación. Como primer objetivo se tiene la identificación del manejo actual de los RAEE en el Perú, donde se explica la vigencia actual del D.S N°001-2012 MINAM el cual obliga a los productores de RAEE a presentar un plan de manejo de RAEE ante el Ministerio correspondiente, según la categoría de RAEE que maneje. Luego se determinó, a través de las encuestas aplicadas a las viviendas del distrito Chiclayo, una cantidad aproximada de RAEE generada en los hogares del distrito Chiclayo según nivel socioeconómico. También se identificó los elementos que formarían parte del sistema de gestión de los RAEE, se determinó la cantidad de RAEE que serán manejados por el sistema de gestión, y se identificó las operaciones para las etapas de tratamiento y reaprovechamiento de los RAEE; lográndose el diseño del Sistema Colectivo de RAEE Chiclayo Ecoamigable, basado en las etapas de manejo de RAEE: generación, recolección, transporte, almacenamiento, tratamiento, reaprovechamiento y disposición final. Para esta investigación solo se ha considerado las 4 primeras categorías de RAEE. Las cuales son: Grandes electrodomésticos, Pequeños electrodomésticos, Equipos de informática y telecomunicaciones y Aparatos electrónicos de consumo.

A continuación, se muestra el desarrollo de los objetivos planteados en esta investigación:

### **3.1 Identificación del manejo actual de los RAEE en el Perú**

En nuestro país con el Reglamento para la gestión y manejo de los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos D.S N°001-2012 MINAM se obliga a los productores de AEE, ya sean fabricante, ensamblador, importador, distribuidor o comercializador a realizar un plan de manejo de RAEE. Los planes de manejo de RAEE son un instrumento de gestión ambiental mediante el cual el productor o una

agrupación de productores presentan a la autoridad competente las acciones a desarrollar para el manejo adecuado de los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos. Estos planes pueden ser orientados de acuerdo a 2 sistemas diferentes:

A. Sistema Individual: es aquel en el cual un productor o agrupación de productores establece su propio sistema de manejo de RAEE, en cuyo caso la formulación, presentación, financiación e implementación del sistema es de su exclusiva responsabilidad.

B. Sistema colectivo: es aquel que involucra a un conjunto o agrupación mixta entre productores, operadores de RAEE y/o gobiernos locales y/o regionales para la implementación conjunta del sistema de manejo de RAEE, en el que la formulación, presentación e implementación del sistema es cofinanciada/compartida por los diferentes actores, los mismos que deben elegir un representante o vocero para las gestiones ante las autoridades competentes, y precisar la responsabilidad asumida por cada una de las partes involucradas.

En el plan de manejo de RAEE se indica la cantidad de RAEE a ser acopiada, el sistema de acopio en puntos de fácil acceso al público, la EPS a contratar para el tratamiento y disposición adecuada, estrategia de comunicación al usuario sobre la disposición de los RAEE, y las estadísticas sobre RAEE acopiado y tratado adecuadamente.

Actualmente, solo se han presentado planes correspondientes a las categorías 3 y 4 de RAEE, siendo los sectores autorizados para aprobarlos el Ministerio de la Producción (PRODUCE) y el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC).

Entre ambos ministerios ya se han aprobado un total de 48 planes de manejo de RAEE.

### 3.1.1. Campañas TECNORECICLA RAEE

TECNORECICLA RAEE, se denominan las Campañas de acopio de Residuos de aparatos eléctricos y electrónicos. Las campañas buscan difundir y sensibilizar en la población la importancia del manejo adecuado de los RAEE con la finalidad que estos residuos no sean descartados a través del servicio de recolección municipal, sino a través de los puntos de acopio de los sistemas colectivos o individuales implementados por las empresas, municipalidades y otros. Los objetivos de las campañas RAEE son:

- Recolectar RAEE para darle el manejo y tratamiento adecuado
- Sensibilizar a la población acerca del adecuado manejo de los RAEE.
- Implantar en la población el hábito de juntar por separado los RAEE de los residuos domiciliarios.

Desde el año 2011 el MINAM, en coordinación con las municipalidades de Lima Metropolitana, y las empresas operadoras, organiza campañas de acopio de RAEE.

En el departamento de Lambayeque ya se han realizado 4 campañas de acopio de RAEE. Las cuales son organizadas por la Municipalidad Provincial de Lambayeque. La primera campaña se realizó en el 2014 en la cual se recolectó 3 t de RAEE. La segunda campaña fue en el 2015, y en esta se logró recolectar 6 t. La tercera campaña que se realizó fue en el 2016, lográndose recolectar 9,8 t. Estas 3 campañas se realizaron en la explanada del parque infantil de la ciudad de Lambayeque. La cuarta campaña se realizó el 23 de setiembre del 2017, la cual se denominó I Campaña de acopio de RAEE- RECICLAFEST LAMBAYEQUE 2017. Esta campaña se realizó en el Complejo deportivo San Juan Macías, en la cual se logró recolectar 62.5 t de RAEE. Los RAEE recolectados fueron transportados por la empresa operadora de RAEE,

COMIMTEL RECYCLING a su planta de tratamiento ubicada en la ciudad de Lima.

Con respecto a la municipalidad provincial de Chiclayo, recién en el año 2017 realizó el I Seminario de Gestión y manejo de los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos para concientizar a las personas sobre el manejo responsable de estos residuos, y el 7 de diciembre del 2017 realizó la primera campaña de acopio con el nombre de RECICLAFEST RAEE 2017, en la que se pudo recolectar 4 t de RAEE.

### 3.1.2. Plantas de tratamiento de RAEE

Las plantas de tratamiento de RAEE que existen en nuestro país son manejadas por operadores de RAEE. Los operadores de RAEE son empresas que han sido registradas y autorizadas por la Dirección General de Salud Ambiental- DIGESA como Empresas Prestadoras de Servicios de Residuos Sólidos (EPS- RS) que se encargan del manejo total o parcial de los RAEE en instalaciones adecuadas. Estas empresas realizan actividades de recolección, transporte, almacenamiento, segregación y/o tratamiento para el reaprovechamiento o disposición final de los RAEE.

En la actualidad se tienen 05 Operadores RAEE debidamente registrados en DIGESA que procesan cerca de dos mil toneladas de RAEE al año. Éstas son:

- COIPSA
- SAN ANTONIO RECYCLING
- COMIMTEL RECYCLING
- AKSTARCOM
- PERU GREEN RECYCLING

Estas empresas operadoras de RAEE se encargan de recoger los RAEE de los centros de acopio y los transportan a sus plantas de reciclaje. Al llegar los RAEE

a las plantas son separados según el volumen y las características de manejo (monitores, CPU, mouse, teclados, tarjetas sueltas, celulares, impresoras, entre otros.)

Luego son desmantelados en sus diferentes componentes (tarjetas, disco duro, memorias, fuentes de poder, plásticos, metales, cables, etc.) Las tarjetas, cables, plásticos, memorias, discos duros son exportados a países como EE. UU, Alemania y China para que pasen por procesos de refinación y recuperación de metales valiosos y escasos.

Los metales (fierro, aluminio y cobre) son prensados y enviados a empresas de fundición para la elaboración de nuevos productos metálicos.

Los componentes peligrosos son llevados a los rellenos de seguridad.

Ciertos componentes como las pantallas de monitor de tubos de rayos catódicos (TRC) que contienen plomo en el vidrio, se disponen en una celda de seguridad por su nivel de peligrosidad.

### 3.2. Sistema de Gestión de los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos de los hogares del distrito Chiclayo.

El sistema de gestión de RAEE que se propone para el distrito de Chiclayo sería un Sistema Colectivo, llamado Sistema Colectivo Chiclayo Ecoamigable, y estaría conformado por: la Empresa Ecovive S.A.C. que sería el representante del Sistema Colectivo ante la autoridad competente , los productores de AEE, que serían algunas tiendas comerciales de AEE ubicadas en el distrito Chiclayo, los generadores de RAEE, que serían los habitantes del distrito Chiclayo, la Municipalidad Provincial de Chiclayo, la cual tendría como principal función promover la entrega de los RAEE por parte de los ciudadanos a los centros de acopio autorizados, el Gobierno Regional Lambayeque, el operador de RAEE que sería la empresa Comimtel Recycling, y los rellenos de seguridad TOWER AND TOWER S.A., o PETRAMAS S.A.C. Los actores externos del sistema son el MINAM que es la autoridad competente y la OEFA que es el Ente fiscalizador.

### 3.2.1. Elementos del Sistema Colectivo

Los actores que se han identificado para la gestión de los RAEE generados en los hogares del distrito Chiclayo son los siguientes:

- a. Representante del Sistema Colectivo: El representante del sistema colectivo de RAEE sería la Empresa Ecovive S.A.C. Ecovive es una empresa operadora de residuos sólidos que brinda los servicios de transporte de residuos peligrosos y no peligrosos generados en la industria, minas, establecimientos de salud, etc., servicios de recolección y transporte y destino final para el tratamiento de aguas residuales de pozos sépticos, lodos de perforación, trampas de grasa, servicios de transporte de insumos químicos y productos fiscalizados, servicios de alquiler y limpieza de sanitarios portátiles, servicios de remediación ambiental, y asesoría técnica en manejo de residuos.

- b. Importadores distribuidores y comercializadores de AEE. En Chiclayo y en nuestro país en general no existen fabricantes de productos eléctricos y electrónicos, por lo tanto, son los importadores, distribuidores y comercializadores quienes tienen que hacerse cargo de los RAEE generados. Para ello, los importadores, distribuidores y comercializadores deben elegir los productos de fabricantes responsables con el manejo de sus RAEE. Las casas comercializadoras de AEE deben recibir los RAEE de sus clientes, para lo cual tienen que establecer centros de acopio.

Para este sistema propuesto los productores serían las tiendas comerciales de AEE ubicadas en el distrito Chiclayo. Las tiendas comerciales de AEE que se propone para que formen parte del sistema colectivo son: Tiendas Efe, la Curacao, Comercial Ana Isabel, y Claro.



- c. Generadores de RAEE: el rol de los consumidores de los aparatos eléctricos y electrónicos es fundamental. Son ellos quienes deciden qué hacer con sus RAEE. De ellos depende que los RAEE sean manejados por operadores de RAEE debidamente autorizados o que sean vendidos a recicladores informales quienes manejan de manera inadecuada estos residuos o por último que sean desechados junto con los residuos domésticos.

Los generadores de RAEE son los responsables de los RAEE desde su generación hasta su entrega, de manera segura, a los centros de acopio o a una EO-RS (Empresa operadora de residuos sólidos) debidamente autorizada.

Así mismo el usuario tiene la responsabilidad de elegir bien sus productos, que respeten los estándares medioambientales, extender su ciclo de vida y promover la reutilización de los mismos. Es aquí que entra el rol de las universidades, gobiernos y otras instituciones, de educar a los habitantes y concientizarlos sobre los efectos negativos que conlleva el manejo inadecuado de estos residuos y la responsabilidad que tiene todo ciudadano de disponer adecuadamente sus residuos.

- d. Empresas Operadoras de Residuos Sólidos (EO- RS): son las entidades encargadas de la gestión de los RAEE a través de toda la cadena de gestión y disposición final. Su rol está asociado a cada una de las funciones que desarrollan en las distintas etapas del proceso: recolección, desmantelamiento, tratamiento y disposición final. Las empresas operadoras deben estar registrados por la autoridad competente, es decir por el MINAM. En Chiclayo las EO- RS sólo se encargan de la recolección y transporte de los RAEE, los cuales son llevados a la ciudad de Lima para ser tratados. Para el sistema de gestión de RAEE que se propone se trabajaría con la empresa COMIMTEL S.A.C. Esta empresa se encargaría de la recolección,

transporte y acondicionamiento de los RAEE. Con respecto a los residuos peligrosos obtenidos de los RAEE, serán manejados, para su disposición final, por los rellenos de Seguridad PETRAMAS S.A.C. Y TOWER AND TOWER S.A.

e. Autoridades competentes: De acuerdo a sus competencias, la regulación de la gestión y manejo de los RAEE corresponde a las siguientes entidades:

✓ Gobierno Regional Lambayeque: a través de la Gerencia Regional de Recursos Naturales y Gestión del medio ambiente debe apoyar la implementación de los planes de manejo de los RAEE generados por la población, promover los principios de Responsabilidad Extendida del productor, fomentando y facilitando la implementación de sistemas de manejo de RAEE individuales y colectivos.

✓ Municipalidad provincial de Chiclayo: a través del Centro de gestión ambiental de Chiclayo debe promover la segregación de los RAEE de los residuos sólidos de gestión municipal en la fuente de generación para su manejo diferenciado por medio de los operadores de RAEE.

La municipalidad podría organizar seminarios de formación para la concientización de los ciudadanos en el manejo responsable de sus RAEEs y en la entrega de estos en los centros de acopio autorizados o en las campañas de acopio organizadas por ésta.

✓ Ministerio del ambiente: es la autoridad ambiental nacional y órgano rector del Sistema Nacional de Gestión Ambiental, encargado de regular y promover la adecuada gestión de los residuos sólidos, incluyendo los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos, así como coordinar con las autoridades sectoriales y municipales la

debida aplicación de la normativa nacional. Las funciones específicas del Minan son: normar la gestión y manejo ambiental de los RAEE, promover la responsabilidad extendida de los productores en la etapa de post consumo de los AEE, aprobar las metas anuales de manejo de los RAEE y la gradualidad de su aplicación, sistematizar la información sobre gestión y manejo de los RAEE, brindar asistencia técnica para los gobiernos locales a fin de facilitar la gestión y el manejo ambiental adecuado de los RAEE y determinar la autoridad sectorial competente para la aprobación del Plan de Manejo de RAEE de un productor en el caso de que este no haya sido identificado como perteneciente a un determinado sector.

- ✓ Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA): tiene la función de efectuar el seguimiento, vigilancia, supervisión, fiscalización, control y sanción en materia ambiental correspondiente a los sectores que se encuentran bajo su competencia. Y presentar al MINAM la información sistematizada de los resultados del seguimiento, vigilancia, supervisión, fiscalización, control, y sanción en materia ambiental.

### 3.2.2. Plan de manejo de RAEE

#### 3.2.2.1. Datos del sistema

- Tipo: Colectivo
- Nombre: Sistema Colectivo Chiclayo Ecoamigable
- Razón social: Empresa Comercializadora y prestadora de servicios de residuos Vida Verde S.A.C. (EcoVive)
- RUC: 20480658486
- Ubicación: Cal. Cacique Cinto Nro 317. Urbanización Latina- José Leonardo Ortiz- Chiclayo.

### 3.2.2.2. Clientes del sistema Colectivo

- Tiendas Efe

- La Curacao

- Comercial Ana Isabel

- Claro

- Marcas que manejan

Samsung, LG, Huawei, Motorola, Apple, Alcatel, Sony, Advance, Oster, Canon, Epson, HP, Asus; Lenovo, Genius. Indurama, Mabe, Bosch, Daewoo.

### 3.2.2.3. Categorías de aparatos eléctricos y electrónicos que maneja el sistema

Las categorías de aparatos eléctricos y electrónicos que manejaría el sistema son: categoría 1: Grandes electrodomésticos, categoría 2: Pequeños electrodomésticos, categoría 3: Equipos de informática y telecomunicaciones, y categoría 4: Aparatos electrónicos de consumo.

### 3.2.2.4. Descripción del Sistema de Gestión de Residuos de Aparatos eléctricos y electrónicos de los hogares del distrito Chiclayo

Las etapas de manejo de RAEE que incluye el sistema Colectivo propuesto son: generación, recolección, transporte, almacenamiento, tratamiento, reaprovechamiento y disposición final. Éstas serán realizadas por los actores o miembros que integran el sistema propuesto.

El sistema de gestión propuesto funcionaría así: los RAEE generados por los ciudadanos del distrito Chiclayo serán entregados en los puntos de acopio, en las campañas o en el centro de acopio, donde serán almacenados por un tiempo. Cuando se haya conseguido una cantidad mínima de 10 toneladas,

los RAEE serán transportados a la planta de tratamiento de RAEE de la empresa COMIMTEL. Será la misma empresa quien haga el transporte de los RAEE desde el centro de acopio del distrito Chiclayo hasta la planta de tratamiento ubicada en Lima. Al llegar a la planta de tratamiento los RAEE son desmontados en sus componentes y son separados y clasificados en componentes chatarra y componentes reprovechables. De los componentes reprovechables, lo que es fierro y acero se vende a las empresas locales de fundición, las placas de circuito impreso PCB (Printed Circuit Board) son exportadas a EE. UU a la Empresa Dymamic Recycling. Esta empresa maneja la tecnología necesaria para la refinación y recuperación de metales contenidos en las PCB. Algunos componentes de plástico se pueden reaprovechar, por ejemplo, las partes de plástico de las refrigeradoras ya que son de un plástico de alta calidad y son vendidos a fabricantes de productos de plástico.

Con respecto a los componentes chatarra, dentro de estos hay una clasificación en: residuos tóxicos y no tóxicos. Los residuos tóxicos y peligrosos son llevados a los rellenos de seguridad de las empresas PETRAMAS S.A.C. Y TOWER AND TOWER S.A y los residuos chatarra que no son peligrosos son llevados para su disposición final al relleno sanitario de la empresa Innova Ambiental. En la figura N°9 se tiene el diagrama de flujo del sistema colectivo propuesto, donde se plasma las etapas de manejo de los RAEE.



Figura N°9: Sistema de Gestión de RAEE de los Hogares del Distrito Chiclayo

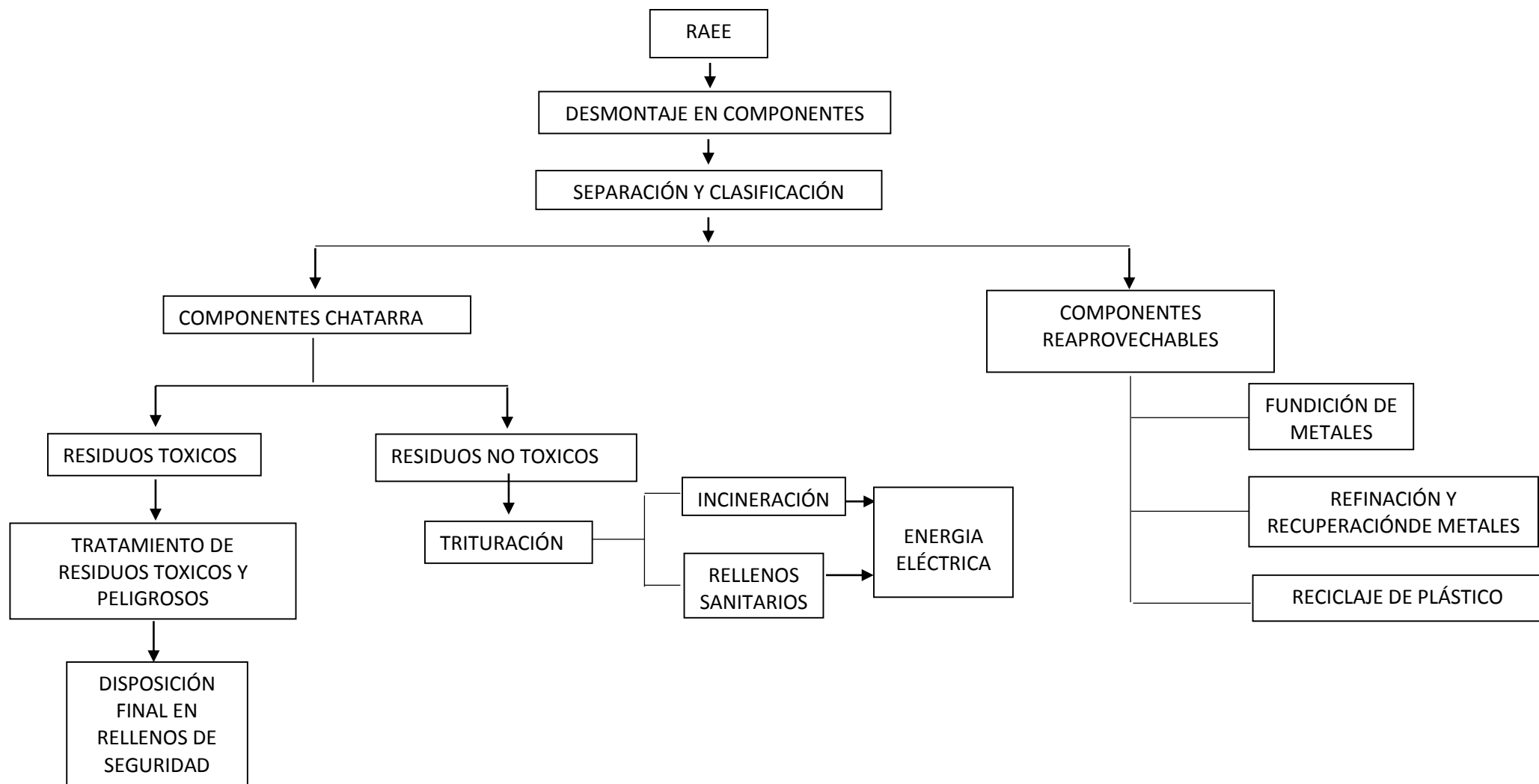


Figura N°10: Diagrama de Tratamiento de RAEE

a. Generación de RAEE en los hogares del distrito Chiclayo

Se aplicó 128 encuestas a las viviendas del distrito Chiclayo de los niveles socioeconómicos AB, C, D, y E. Fueron 17,36,45 y 30 encuestas respectivamente. Para saber que viviendas se encuestarían, se tomó como referencia el mapa de estratos sociales del distrito Chiclayo. Para el nivel AB se consideró las viviendas de la urbanización Santa Victoria y los Parques, para el nivel C las viviendas de la urbanización Santa Elena, Magisterial, Las Brisas, Remigio Silva y el cercado de Chiclayo, para el nivel D las viviendas del sector 4 de Noviembre, Simón Bolívar, 9 de Octubre; y para el nivel E las viviendas del sector Cruz de la Esperanza, Vista Alegre, y Ampliación Simón Bolívar. Los resultados obtenidos se muestran a continuación.

a.1. Grado de instrucción de las personas encuestadas

De las personas encuestadas de los 4 niveles socioeconómicos, el 14,1% tiene solo primaria, el 37,5% secundaria, el 15,6% tiene superior no universitario, el 27,3% tiene superior universitario y solo el 5,5% tiene maestría.

*Tabla N°5: Grado de Instrucción de las personas encuestadas*

Grado de Instrucción	Frecuencia	%h
Primaria	18	14.1
Secundaria	48	37.5
Sup. no Univ	20	15.6
Sup. Univ	35	27.3
Maestría	7	5.5
TOTAL	128	100.0

a.2. Personas que tienen conocimiento sobre los RAEE

De las personas encuestadas el 61,7 % sabe que son los RAEE y el 38,3 % restante desconoce sobre este tema.



a.3. Personas que saben que los RAEE poseen componentes peligrosos

El 75 % de las personas encuestadas saben que los RAEE poseen componentes peligrosos y el 25 % restante desconoce esto.

a.4. Personas que estarían dispuestas a entregar sus RAEE

El 89,8% de las personas están dispuestas a entregar sus RAEE a las autoridades competentes o empresas recicladoras de RAEE para que sean gestionados adecuadamente; el 10,2 % no está dispuesta a entregarlo, prefiriendo venderlo para obtener algo de dinero o regalarlo.

a.5. Mecanismo de entrega de los RAEE

Se preguntó mediante que mecanismo preferirían entregar sus RAEE, obteniendo que el 5,5 % prefiere las campañas de acopio, el 50% prefiere los centros de acopio permanente, el 34,4% prefiere que las personas que gestionan los RAEE vayan a sus casas a recogerlos (Puerta a Puerta) y el 10,2% restante no entregaría su RAEE.

Tabla N°6: Mecanismo de entrega de RAEE

Mecanismo de Entrega	Frecuencia	%h
Campaña de acopio	7	5.5
Centro de acopio permanente	64	50.0
Puerta a Puerta	44	34.4
N.A	13	10.2
Total	128	100.0

a.6. Destino de los aparatos eléctricos que ya no se utilizan

El 19,5 % de las personas regala a familiares los aparatos eléctricos que ya no utiliza, el 13,3 % los regala al reciclador informal, el 37,5 % los

vende al reciclador informal, el 18,8 % los tiene guardados en casa y el 10,9% los bota a los tachos de basura que luego son recogidos por el camión recolector de la municipalidad.

Tabla N°7: Destino de los AEE que ya no se utilizan

Que hace con AEE que no usa	Frecuencia	%h
Regala a familiares	25	19.5
Regala al reciclador	17	13.3
Vende al reciclador	48	37.5
Guardados en casa	24	18.8
Bota a la basura	14	10.9
Total	128	100.0

#### a.7. Cantidad de Kg de RAEE generados por vivienda según Nivel socioeconómico

Se halló que una vivienda del nivel socioeconómico AB genera 15,63 Kg de RAEE/año, del C genera 16,89 Kg de RAEE/año, del D genera 11,79 Kg de RAEE /año y del E solo genera 6,99 Kg de RAEE /año. Siendo el nivel socioeconómico C el que más RAEE genera.

Tabla N°8: Kg de RAEE por vivienda

Nivel Socioeconómico	Promedio de Kg de RAEE generados en 2016-2017
AB	15.63
C	16.89
D	11.79
E	6.99
Promedio	12.83

#### a.8. Toneladas de RAEE generados en las viviendas del distrito Chiclayo por Nivel socioeconómico

Se halló que las viviendas del nivel socioeconómico AB del distrito Chiclayo generan un promedio de 138,5 toneladas de RAEE /año, las

viviendas del nivel socioeconómico C generan 324,37 toneladas, las viviendas del nivel socioeconómico D generan 279,82 toneladas y las viviendas del nivel socioeconómico E generan 110,64 toneladas de RAEE/año. Sumando estas cantidades se tienen un total de 853 toneladas/año generadas por los hogares del distrito Chiclayo. Estas cantidades en porcentaje representan el 16.23%, 38,01%, 32,79%, y 12,97% respectivamente.

Tabla N°9: RAEE generados por las viviendas del distrito Chiclayo

Nivel Socioeconómico	N° VIVIENDAS	PROMEDIO DE RAEE Kg	TOTAL DE RAEE KG	TOTAL DE RAEE TN	%H
AB	8859	15.63	138501.2514	138.50	16.23
C	19205	16.89	324370.7635	324.37	38.01
D	23736	11.79	279818.7123	279.82	32.79
E	15824	6.99	110636.2452	110.64	12.97
TOTAL	67624			853.33	100.00

#### a.9. Toneladas de RAEE generados en las viviendas del distrito Chiclayo por categorías de RAEE

En la tabla N°10 se observa el promedio de RAEE desechados en los años 2016 y 2017 por las viviendas del distrito Chiclayo, siendo un total de 853 toneladas de RAEE. También se tiene la cantidad de RAEE por categoría, siendo 390,19 toneladas de RAEE de la categoría Grandes Electrodomésticos, 17,43 toneladas de RAEE de la categoría Pequeños Electrodomésticos, 123,63 toneladas de RAEE de la categoría Equipos de Informática y Telecomunicaciones y 321,48 toneladas de RAEE de la categoría Aparatos Electrónicos de Consumo.

Tabla N°10: Toneladas de RAEE según categorías en las viviendas de Chiclayo

RAEE	RAEE 2017	RAEE 2016	RAEE PROMEDIO	PESO	RAEE Kg	RAEE TN MUESTRA	RAEE TN POBLACIÓN
Grandes electrodomésticos							
Refrigeradora	11	7	9	39.6	356.4	0.3564	188.29
Congeladora	1	0	0.5	35	17.5	0.0175	9.25
Lavadora	3	4	3.5	65	227.5	0.2275	120.19
Cocina eléctrica	1	1	1	45	45	0.045	23.77
Horno Microondas	4	1	2.5	15	37.5	0.0375	19.81
Horno eléctrico	1	0	0.5	26.35	13.175	0.013175	6.96
Ventiladores eléctricos	6	2	4	6.87	27.48	0.02748	14.52
Aparatos de aire acondicionado	0	1	0.5	28	14	0.014	7.40
SUBTOTAL					738.56	0.74	390.19
Pequeños electrodomésticos							
Aspiradora	2	2	2	10	20	0.02	10.57
Plancha	12	11	11.5	1	11.5	0.0115	6.08
Tostadora	3	0	1.5	1	1.5	0.0015	0.79
SUBTOTAL					33	0.033	17.43
Equipos de informática y telecom							
Laptop	3	1	2	3.5	7	0.007	3.70
Impresora multifuncional	3	0	1.5	6.5	9.75	0.00975	5.15
Impresora	5	3	4	6.5	26	0.026	13.74
Monitor CRT	6	2	4	16	64	0.064	33.81
Monitor LCD	4	1	2.5	5	12.5	0.0125	6.60
Monitor LED	0	0	0	5	0	0	0.00
CPU	14	3	8.5	11	93.5	0.0935	49.40
Teclado	12	6	9	1	9	0.009	4.75
Mouse	15	8	11.5	0.05	0.58	0.000575	0.30
Tablet	2	0	1	0.5	0.5	0.0005	0.26
Scanner	0	1	0.5	4.2	2.1	0.0021	1.11
Teléfono fijo	4	3	3.5	1	3.5	0.0035	1.85
Teléfono inalámbrico	3	0	1.5	1	1.5	0.0015	0.79
Celular	35	33	34	0.12	4.08	0.00408	2.16
SUBTOTAL					234.01	0.23	123.63
Aparatos electrónicos de consumo							
Radio	13	5	9	2	18	0.018	9.51
Equipo de sonido	5	3	4	10	40	0.04	21.13
Tv CRT	31	8	19.5	25	487.5	0.4875	257.55
Tv LCD	2	0	1	10	10	0.01	5.28
Tv LED	6	1	3.5	10	35	0.035	18.49
DVD	4	3	3.5	5	17.5	0.0175	9.25
Bluray	1	0	0.5	1	0.5	0.0005	0.26
SUBTOTAL					608.5	0.61	321.48
TOTAL					1614.06	1.61	852.73

#### a.10. Porcentaje de RAEE por categorías

En la figura N°11 se observa que la categoría que presenta un mayor porcentaje en peso de RAEE es la primera categoría, con 46%, denominada Grandes electrodomésticos, en esta categoría se encuentran las refrigeradoras, congeladoras, lavadoras, etc.

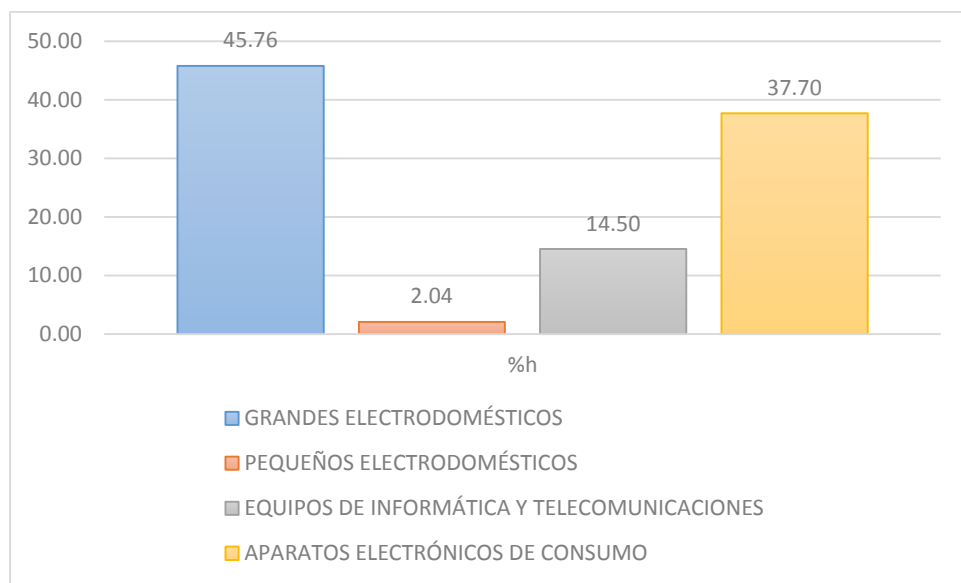


Figura N°11: Generación de RAEE por categoría

#### b. Recolección de los RAEE

Los ciudadanos Chiclayanos al generar RAEE en sus hogares, deberán llevarlos a los puntos de acopio autorizados y al centro de acopio que se propone construir. Cuando se haya almacenado una cantidad de 10 tn como mínimo, serán recogidos por el operador de RAEE, que es la empresa COMIMTEL. Este operador los transportará a la ciudad de Lima donde está ubicada su planta de tratamiento.

También el sistema colectivo promoverá anualmente campañas de acopio de RAEE. Todos los integrantes del sistema colectivo participarán en las campañas e impulsarán la práctica cívica y empresarial que los residuos electrónicos no tienen que tirarse al tacho de basura para que los recolecte el camión municipal de residuos sólidos. Una vez mezclado y contaminado con el resto de los residuos y compactados en el camión de basura municipal, ya no se podrá reciclar, valorizar ni recuperar. Es lo más fácil para el vecino, pero lo más costoso para el planeta seguir enterrando materiales tan valiosos como contaminantes. El encargado de promover y llevar a cabo las campañas de acopio será la Municipalidad Provincial de Chiclayo.

b.1. Meta anual de manejo de RAEE y línea base: se ha calculado la meta anual de recolección de RAEE que manejará el sistema, teniendo en cuenta los resultados que se obtuvieron de la encuesta realizada a los hogares del distrito Chiclayo para determinar la cantidad de RAEE que se genera por hogar. En dicha encuesta se preguntó los RAEE que se habían desechado durante los años 2016 y 2017 y se obtuvo así un promedio de RAEE desechados según las categorías. En la tabla N°11 se observa la cantidad de RAEE promedio desechados según categoría por parte de los ciudadanos del distrito Chiclayo.

Tabla N°11: Cantidad promedio de RAEE desechados por los hogares del distrito Chiclayo

Categoría	Promedio en toneladas
Grandes electrodomésticos	390.19
Pequeños electrodomésticos	17.43
Equipos de informática y telecomunicaciones	123.63
Aparatos electrónicos de consumo	321.48
Total	852.73

Para el primer año de operación del sistema colectivo se propone un porcentaje de recolección anual del 1% de la cantidad establecida como línea base. Lo cual equivale a 8,5 tn de RAEE.

b.2. Puntos de acopio: actualmente el distrito Chiclayo tiene 3 puntos de acopio solamente para celulares y accesorios. Uno está ubicado dentro del Centro Comercial Real Plaza y los otros dos en el Jr. Elías Aguirre y la Av. Balta y pertenecen a la empresa Claro. Por otro lado, el Centro de Gestión Ambiental de Chiclayo, que pertenece a la Municipalidad Provincial de Chiclayo, desde el 2017, después de realizar la primera campaña de acopio RECICLAFEST RAEE 2017, estuvo recibiendo RAEE de las distintas categorías en su local de atención, el cual está ubicado en la Av. Sáenz Peña N°1824 Urb Latina. Una parte de los RAEE recolectados han sido almacenados en el local del Centro de Gestión Ambiental, y lo demás está en la Planta de Asfalto, local que funciona como almacén de piezas y partes vehiculares, y se encuentra ubicado en La Pradera, cerca al camal municipal. Sin embargo, los RAEE almacenados en dichos locales se encuentran tirados. Se propone, la implementación de un punto de acopio oficial de RAEE dentro de las instalaciones del Centro de Gestión ambiental y otros puntos de acopio en

las tiendas comerciales de aparatos eléctricos y electrónicos, es decir en las tiendas comerciales que formaran parte del Sistema Colectivo de RAEE: Tiendas Efe, la Curacao y Comercial Ana Isabel.



Figura N°12: Punto de Acopio de RAEE

Fuente: <http://blogs.miraflores.gob.pe/larco400/2014/09/se-implementa-el-primer-punto-limpio-y-ecologico/>

b.3. Centro de acopio: Actualmente, la municipalidad provincial de Chiclayo está gestionando que una parte del terreno del Vivero San Luis sea destinado para la construcción de un centro de acopio de RAEE. Este terreno está ubicado en la calle Naturaleza, entre la calle Antonio Raymondi y la Av. Angamos.

Para la construcción de un centro de acopio se debe tener en cuenta la NTP 900.065- 2012 que considera lo siguiente:

- ✓ Características de los centros de acopio
  - Deben ser locales techados y seguros para evitar hurtos y pérdidas.



- Deben tener pisos adecuados impermeabilizados para evitar contaminación.
- Deben tener una capacidad instalada para el almacenamiento temporal de residuos de acuerdo a su programa de entrega a los operadores de RAEE.
- Los RAEE que se reciban deben ser almacenados de forma apropiada sobre parihuelas o en cajas, y etiquetados una vez clasificados.
- Deben contar con un estudio de riesgos y un Plan de contingencia en caso de emergencias.
- Deben contar con una zona de recepción adecuada para la descarga de los RAEE.
- Deben llevar registros de ingreso y salida de los RAEE, así como datos del generador y del operador de RAEE.
- ✓ Contenedores para el acopio de RAEE: dispositivos para depositar RAEE:
  - Deben ser colocados en zonas seguras.
  - Deben contar con suficiente información visible que incluya identificación del tipo de RAEE a acopiarse e instrucciones para su correcta disposición.
- ✓ Embalaje para recolección
  - Colocar sobre parihuelas los RAEE de la misma categoría en lo posible, y embalar de forma segura. Separar los RAEE siniestrados y embalarlos por separado con plástico.
  - Se debe tener cuidado de no contaminar los RAEE con tintas u otros fluidos.

- Apilar de forma segura los RAEE del mismo tipo y tamaño en lo posible, con una altura máxima de 1.8 m.
- También se pueden acomodar en cajas de acuerdo al tamaño y características del RAEE.
- Los RAEE de las categorías 1, 3 y 5, deben ser embalados con plástico, cuidando que no se rompan, asegurados en cajas o sobre parihuelas.
- El personal que manipula los RAEE debe contar con equipo de protección personal.
- Etiquetar cada una de las parihuelas indicando lo siguiente: generador, destino, descripción del contenido, peso estimado por parihuela o por equipo.



Figura N°13: Embalaje de RAEE

Fuente: NTP 900.065- 2012

Teniendo en cuenta la NTP 900.065- 2012 se ha propuesto el diseño de un centro de acopio para los RAEE de los hogares del Distrito Chiclayo, el cual estaría ubicado entre la Av. Angamos y la Calle Naturaleza. Este centro tendría las siguientes áreas: área de almacenamiento de RAEE, área de carga de RAEE, área de descarga de RAEE, área de embalaje de RAEE, y área de registro de entradas y salidas de RAEE, siendo un total de 180 m<sup>2</sup>. Este centro de acopio tendría una capacidad máxima de almacenamiento de 25 toneladas de RAEE. En la figura N°14 se puede observar el plano del centro de acopio que se propone.

b.4. Estrategias de comunicación y sensibilización: La municipalidad provincial de Chiclayo junto a las Universidades y colegios del distrito Chiclayo, tendrán la función de educar ambientalmente a los ciudadanos Chiclayanos y promover la entrega de sus RAEE en el centro de acopio, puntos de acopio y en las campañas de acopio realizadas por la municipalidad. Los recursos que se pueden utilizar para la educación ambiental y la sensibilización de los ciudadanos son: una página web del plan colectivo para informar a los ciudadanos sobre el manejo de los RAEE y difundir la ubicación de los puntos de acopio, del centro de acopio, y las fechas en que se realizarán las campañas; material de difusión como trípticos del Plan Colectivo, y publicidad televisiva sobre la gestión de los RAEE. También se puede coordinar charlas de capacitación sobre AEE y RAEE a los trabajadores de las tiendas comerciales de AEE.

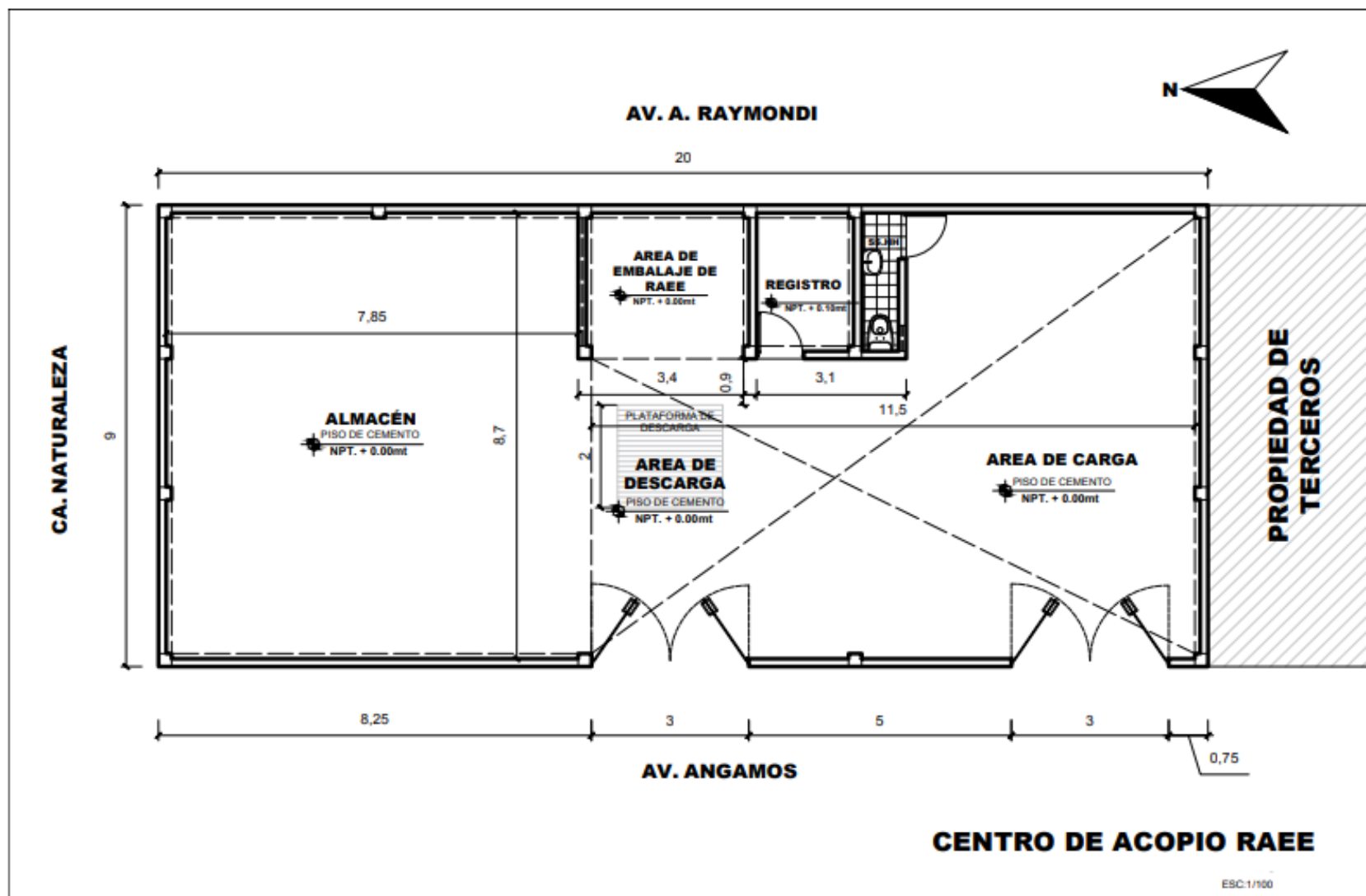


Figura N°14: Centro de acopio de RAE

c. Transporte y almacenamiento

Los RAEE depositados en los puntos de acopio, y los provenientes de las campañas anuales serán llevados al centro de acopio y cuando se tenga una cantidad mínima de 10 tn serán recolectados por el Operador de RAEE; que es la empresa COMIMTEL S.A.C. con RUC N°20509128686, con domicilio legal y de planta en Av. Alfredo Mendiola N°8034, Mz. D-06, Lote 03, Urb. Pro Industrial, distrito de San Martín de Porres, Departamento de Lima. Cuando los RAEE ingresan a la planta de tratamiento, son descargados y almacenados temporalmente hasta que empiece su proceso de tratamiento.

d. Tratamiento reaprovechamiento y disposición final de los RAEE

Los desechos electrónicos están compuestos de muchos componentes tóxicos y peligrosos. Por ejemplo, la mayoría de los residuos de la línea blanca contienen cadmio, plomo, derivados bromados, mercurio, cromo hexavalente, baterías de plomo, salinas o alcalinas, etc que son tóxicos para los seres humanos, animales, y plantas y degradan el medio ambiente.

También poseen sustancias valorizables, como la parte metálica (hierro, cobre y aluminio) que constituye el núcleo principal de estos residuos y el vidrio se recicla, previniendo así la explotación de recursos naturales. Otra parte importante son las carcasas de plástico que se trituran para su reciclado. También se trituran componentes electrónicos y se recuperan los metales nobles como oro, plata, estaño y paladio.

En cualquier caso, las fracciones resultantes de tratamiento de los RAEE son: metales, plásticos, vidrio, componentes peligrosos y otras fracciones residuales, la proporción de cada una de ellas dependerá del AEE de que se trate. Así, por ejemplo, un aparato de línea blanca está constituido principalmente por metales, mientras que en un equipo electrónico de consumo es el plástico su principal componente. De manera más específica,

de un refrigerador se recupera 0,2 % de CFC, 0,32% de aceite, 46,61% de metales ferrosos, 4,97% de metales no ferrosos, 13,84% de plástico, 0,81% de vidrio, 23,8% de compresores, 0,55% de cables y 7,6% de esponja. Mientras que en un televisor se recupera 1,2% de aluminio, 3,4% de cobre, 0,2 de plomo, 0,038% de níquel, 12% de hierro, 26% de plástico, 53% de vidrio, 20 ppm de plata y 10 ppm de oro.

En los países de Europa, los comerciantes de Aparatos eléctricos y electrónicos se hacen cargo de los aparatos viejos para transportarlos a las plantas de reciclaje, y los organismos municipales tienen un sistema de recogida especial. En el manejo de los RAEE se tiene en cuenta la jerarquía de gestión de residuos. Primero se considera la reutilización de los productos, luego el reciclaje y valorización y como última opción su eliminación.

Jaiswal et al <sup>26</sup> menciona un marco verde para el manejo de los RAEE (A “green” framework for WEEE handling) que consiste en que los RAEE al llegar a las plantas de tratamiento, se clasifican en productos que pueden ser reutilizados después de ser sometidos a un mantenimiento y son destinados al mercado de segunda mano, y en productos chatarra. Los productos chatarra pasan al desensamble de sus componentes, el cual puede ser manual o mecánico, y luego son separados en diferentes categorías como: plásticos de ingeniería (clasificados en tipos como PC-ABS, HIPS, acrílico, acetato, etc.), metales no ferrosos puros o aleaciones provenientes de los cables, carcasas o estructuras de los equipos con contenido de cobre, aluminio, zinc, plomo u otros metales base, metales ferrosos (chapas, aceros, hierro fundido, etc.), vidrios o metales de sílice, compuestos complejos, polímeros industriales y otros materiales de síntesis; circuitos impresos, contactos, conectores u otros materiales ricos con contenido de cobre, estaño o metales preciosos; pilas y baterías clasificadas (Lilon, NiCd, Pb, NiMH, primarias); motores o pieza móviles, tubos de rayos catódicos o vidrios activados, etc.

Estos segmentos separados pueden ser tratados a través del mantenimiento y la reparación y luego pueden ir a la etapa de montaje de componentes a través del cual pueden ser utilizados en productos nuevos.

Los componentes que no pueden ser reparados para ser reutilizados, son reciclados. El reciclaje incluye los procesos de aprovechamiento y valorización, los cuales se refieren a todo proceso industrial cuyo objeto sea la transformación y recuperación de los recursos contenidos en los residuos, o del valor energético (poder calorífico) de los materiales que componen los RAEE.

d.1. Recuperación de metales: Las plaquetas electrónicas, baterías o rezagos con metales no ferrosos como cobre, bronce, aluminio y aleaciones ingresan a procesos hidrometalúrgicos, a una escala pequeña o mediana, y pirometalúrgicos, para proyectos de gran escala de procesamiento diario. Ambos procesos segregan previamente los materiales de soporte como resinas, sílices o compuestos de los metales, para concentrar los metales y pasen después a procesos electrolíticos o químicos para su refinamiento <sup>27</sup>.

a. Hidrometalurgia: Se conoce con el nombre de hidrometalurgia a aquellos procesos utilizados para el aislamiento y recuperación de metales por medio de disoluciones acuosas.

Los procesos hidrometalúrgicos se basan en reacciones iónicas en medio acuoso y se pueden clasificar de la siguiente manera.

- ✓ Reacciones debidas a cambios de pH (hidrólisis), por hidrólisis se entienden las reacciones en las cuales interviene el agua o sus iones.
- ✓ Reacciones de óxido – reducción (redox): en presencia de oxígeno, muchos metales pueden ponerse en disolución acuosa.
- ✓ Formación de complejos: distintos iones pueden reaccionar entre sí o con moléculas neutras dando iones complejos.

✓ Precipitación de compuestos sólidos: de la misma manera en que los hidróxidos sólidos pueden precipitarse por hidrólisis, otros iones pueden reaccionar formando precipitados sólidos.

La hidrometalurgia abarca una amplia variedad de procesos, empezando con la preparación del residuo electrónico que consiste en la trituración, después la etapa de extracción que corresponde a la lixiviación, luego sigue la etapa de recuperación de metales que puede consistir en extracción por solventes, adsorción, intercambio iónico, cristalización, etc. Las secuencias alternativas de operación dependen de factores como las características del residuo electrónico, la concentración de la solución obtenida en la lixiviación y del producto deseado.

Estos factores son determinantes para la elección del circuito de operación. En el caso de la hidrometalurgia del cobre, empieza con la preparación de los residuos electrónicos como plaquetas y teléfonos celulares, pasando posteriormente a la lixiviación, luego a la etapa de extracción por solventes, para terminar con la electro-obtención y así obtener un metal puro.

Las soluciones obtenidas en la etapa de lixiviación son enviadas a operaciones de recuperación. Esta etapa de recuperación puede consistir de una o más operaciones. Cuando se hace más operaciones, es con la finalidad de purificar la solución. Esta purificación es generalmente realizada por adsorción, extracción por solventes y por intercambio iónico.

En la adsorción, una especie iónica es adsorbida sobre la superficie de un sólido (el adsorbente), separado de las especies no deseadas y luego des-adsorbido (despegado del adsorbente) permitiendo reutilizar el adsorbente. Los adsorbentes más conocidos son el carbón activado y la zeolita.



La operación de intercambio iónico consiste en una reacción reversible entre un intercambiador iónico sólido y una disolución acuosa, de modo que los iones son intercambiados entre la fase sólida y líquida.

La cristalización es el proceso físico de separar sales en la forma de cristales desde una disolución acuosa. Los pasos en un proceso de cristalización consisten en sobresaturación, nucleación de cristales y crecimiento de cristales. Dependiendo de la variación de la solubilidad con la temperatura se debe escoger entre cristalización por enfriamiento o cristalización por evaporación.

La hidrometalurgia ofrece varias ventajas frente a la pirometalurgia para el caso del recupero de plaquetas o baterías. Algunas de esas ventajas son:

- ✓ Flexibilidad en el tratamiento de mix de plaquetas, teléfonos celulares, LCD o baterías con compuestos o aleaciones complejos y en la producción de subproductos.
- ✓ Menor costo en el tratamiento de plaquetas de bajo contenido de metales preciosos o cobre.
- ✓ Factibilidad de separar metales con características semejantes, como el tratamiento de tierras raras.
- ✓ Menor consumo energético.

Sin embargo, los procesos hidrometalúrgicos también poseen algunas desventajas, por ejemplo:

- Sofisticados sistemas de control de procesos.
- Ingeniería más compleja
- Se pueden producir grandes cantidades de desechos líquidos y sólidos.

b. Pirometalurgia: Este proceso se refiere al reciclaje y reprocesamiento de los metales no ferrosos a través de procesos térmicos. La pirometalurgia incluye operaciones en las que se aplican tratamientos a

las plaquetas electrónicas en hornos a temperaturas elevadas (3000 °C) para separar los valores metálicos de la cantidad considerable de resinas y plásticos de desecho, sin emitir dioxinas ni furanos ni otros contaminantes.

Los tratamientos extractivos de los metales no ferrosos tienen muchas características en común, estos pueden a la vez dividirse en metales reactivos y no reactivos. Los metales no reactivos son cobre, níquel, plomo, cobalto, oro y plata, y los metales reactivos son aluminio, titanio, magnesio, zinc y uranio.

El procedimiento para la recuperación de metales no ferrosos, en particular cobre, níquel y cobalto; así como de metales preciosos, de residuos electrónicos, se hace en un horno eléctrico de arco de plasma de tipo corriente alterna. Este comprende varios electrodos, que contienen en su parte inferior de baño de cobre líquido, cubierto por una escoria fluida que comprende por lo menos una fase A de fusión- reducción. La fase A tiene los elementos siguientes:

- Carga de los residuos metalúrgicos que comprenden los metales no ferrosos en la parte inferior de baño contenida en el horno eléctrico de arco de plasma.
- Fusión de los residuos metalúrgicos en la escoria fluida en la interface del baño de escoria-cobre.
- Reducción de por lo menos los metales no ferrosos a un estado de oxidación cero.
- Agitación intensa de la parte inferior de baño de cobre mediante la inyección de gas inerte, nitrógeno o argón, para evitar la formación de costras y para acelerar la reacción de reducción. También de este modo se logra que los metales no ferrosos miscibles en cobre pasen a la parte inferior de baño de cobre. Luego pasen al refinado.

d.2. Reciclaje de plástico. El plástico es un material cada vez más utilizado en el sector eléctrico y electrónico, debido a las ventajas de su utilización y aprovechamiento eficaz de los recursos: disminución de peso, reducción del tamaño del producto y aislamiento térmico y electrónico. Hay 3 categorías del sector eléctrico y electrónico que representan más del 85% de los plásticos utilizados:

- Sector de grandes electrodomésticos: como heladeras, freezers, lavadoras, aparatos de aire acondicionado, los cuales forman la llamada línea blanca.
- Equipos de informática y telecomunicaciones: como ordenadores, teléfonos, impresoras, que constituyen los aparatos de la línea gris.
- Aparatos electrónicos de consumo: como radios, televisores, videocámaras, que conforman la línea marrón.

Los dos principales materiales recuperables de los RAEE son los metales ferrosos y los plásticos que conforman las estructuras- carcasas de los AEE.

Se consideran 7 clases distintas: PET, PEAD, PVC, PEBD, PP, PS, y la categoría OTROS (en esta categoría destacan los plásticos de ingeniería como el PC- ABS). De estos tipos de plástico los más utilizados son el PVC (Policloruro de polivinilo) utilizado como cobertura aislante de cables de los equipos electro- electrónicos, el PS (Poliestireno) se utiliza en teclados y periféricos para equipos IT, en electrodomésticos y teléfonos.

Para el reciclaje del plástico se deben seguir las siguientes etapas:

- Separación: se separa el plástico de las partes metálicas como las plaquetas u otros materiales.
- Clasificación: se clasifican en los distintos tipos de plástico.
- Trituración: el plástico se muele y convierte en gránulos parecidos a las hojuelas del cereal

- Lavado: se lavan los granos de plástico para eliminar cualquier tipo de suciedad o impureza.
- Granceado o pelletizado: el plástico granulado se funde y pasa a través de un tubo delgado para tomar la forma de spaghetti al enfriarse en un baño de agua. Una vez frío es cortado en pedacitos llamados pellets.

Después de obtener los pellets, estos pasan a otros procesos según los productos que se quieran obtener. Los procesos pueden ser: extrusión, inyección, soplado, compresión, calandrado, etc<sup>27</sup>.

d.3. Componentes chatarra de los RAEE: los componentes chatarra de los RAEE, es decir los residuos sin valor, son clasificados en residuos tóxicos y no tóxicos.

- Residuos Tóxicos:

Los residuos tóxicos pasan a la etapa de descontaminación, que debe ser realizada por empresas gestoras de residuos peligrosos, se quitan todos los elementos peligrosos como pueden ser, por ejemplo: los CFC, aceites, componentes que tengan mercurio, amianto, plásticos que contengan PBB o PBBE, sustancias radiactivas; pilas y baterías, tubos de rayos catódicos, condensadores que contengan bifenilos o trifenilos policlorados (PCB o PCT), etc. En el caso de una empresa peruana dedicada a la gestión de RAEE, en su planta de tratamiento tiene un área de residuos peligrosos donde almacena algunos residuos como pilas alcalinas, luminarias (fluorescentes), pantallas TRC y LCD, pilas botón, aceite, tóner, condensadores, gas refrigerante; para luego ser llevados a los rellenos de seguridad como TOWER AND TOWER S.A., o PETRAMAS S.A.C. En estos rellenos de seguridad, dependiendo de los residuos, se cobra por tonelada o m<sup>3</sup>. El precio más alto es para las luminarias el cual es de S/. 600 /m<sup>3</sup> de luminarias.

En otros países los residuos peligrosos son sometidos a tratamientos físico- químicos con la finalidad de permitir la recuperación de un compuesto para su posterior utilización como materia prima en otro proceso, separar los constituyentes peligrosos de la masa total del residuo, reducir la peligrosidad del residuo mediante la transformación de sus componentes o reduciendo la movilidad en el medio ambiente, transformar el residuo en un material que cumpla con las condiciones para ingresar a otro sistema de tratamiento o al sistema de disposición final.

Los tratamientos físicos son normalmente la primera etapa dentro de un tratamiento global. Los tratamientos físicos más utilizados son: filtración, separación por gravedad (sedimentación, centrifugación, floculación y flotación), evaporación, destilación, arrastre con aire o vapor, adsorción en carbón e intercambio iónico. Otros tratamientos físicos empleados son el autoclavado y la irradiación con microondas, ambos utilizados para la esterilización de residuos infecciosos como los RAEE del sector salud.

Con respecto a los tratamientos químicos, estos implican procesos de transformación del residuo mediante la adición de compuestos químicos.

Dentro de los tratamientos químicos más utilizados se hallan:

- Neutralización: modifica el pH utilizando ácidos o álcalis.
- Precipitación: Requiere un proceso de separación física posterior generando lodos. Los productos de la precipitación son compuestos insolubles en agua, por lo que presentan menor movilidad una vez que son dispuestos. Se aplica la precipitación a metales pesados con hidróxido de sodio o de calcio.

Dentro de los tratamientos previos a la disposición final en un relleno de seguridad, a fin de neutralizar o estabilizar el residuo para que no lixivie, es decir que escurran los líquidos con contaminantes hacia el suelo o los acuíferos, se encuentran:

- Oxidación- reducción: se utiliza para cambiar el estado de oxidación del contaminante, modificando su toxicidad u otra propiedad como la solubilidad. Por ejemplo, la reducción de cromo VI a cromo III con el uso de meta-bisulfito de sodio.
  - Descomposición por oxidación: consiste en la reacción de un contaminante con un oxidante como oxígeno, peróxido, ozono o hipoclorito. El contaminante se descompone en otras sustancias de menor toxicidad. La oxidación de cianuro mediante el uso de hipoclorito o peróxido de hidrógeno es un ejemplo de este tipo de tratamiento, donde el cianuro se transforma en dióxido de carbono y amonio.
  - Declorinación con metales alcalinos: tiene como objetivo remover cloro de compuestos orgánicos clorados. Se basa en la alta afinidad de los metales alcalinos por el cloro, formándose una sal de cloro que se separa por centrifugación. Este procedimiento se utiliza para el tratamiento de PCBs.
  - Estabilización- solidificación: la estabilización consiste en un proceso por medio del cual los contaminantes de un residuo son transformados en formas menos tóxicas o menos móviles o solubles. Las transformaciones se dan por medio de reacciones químicas que fijan los compuestos tóxicos en polímeros impermeables o en cristales estables. Los productos utilizados en este proceso permiten: mejorar las características físicas del residuo, disminuir el área superficial a través de la cuál se transfieren los contaminantes, reducir la solubilidad de los contaminantes, reducir la toxicidad de los contaminantes.
- La solidificación consiste en un tratamiento que genera una masa sólida monolítica de residuos tratados. De esta manera se mejora su integridad estructural, sus características físicas y se facilita su manejo, transporte y disposición final. El empleo de aditivos permite: incrementar la dureza, disminuir la compresibilidad, disminuir la permeabilidad.
- La estabilización- solidificación tiene por objetivo mejorar las características físicas y disminuir el área superficial. De esta forma se

reduce la transferencia de masa y la solubilidad de los contaminantes presentes.

Los fenómenos que intervienen en los procesos de estabilización-solidificación son: macro-encapsulamiento, micro- encapsulamiento, absorción, adsorción, intercambio iónico, precipitación, transformaciones químicas.

Las tecnologías aplicadas se clasifican en fijación inorgánica y técnicas de encapsulamiento. Para la fijación inorgánica se utilizan materiales como cemento portland, materiales puzolánicos y cal. Para el encapsulamiento son utilizados polímeros como polietileno, poliéster y butadieno. Se utiliza también la técnica de transformación en vidrio por medio de la mezcla y fusión con materiales como la sílice <sup>27</sup>.

Algunos residuos peligrosos son sometidos a tratamientos térmicos. El tratamiento térmico más ampliamente utilizado es la incineración. Este se realiza en hornos especialmente diseñados y en instalaciones industriales y cuando lo permitan la composición de los residuos. Otras alternativas de tratamientos térmicos incluyen: pirólisis, plasma y oxidación en sal fundida.

Los métodos de tratamientos térmicos tienen la ventaja de que reducen el volumen de los residuos en forma significativa y permiten la recuperación de energía.

La incineración es el procesamiento de residuos en cualquier unidad técnica, equipo fijo o móvil que involucre un proceso de combustión a altas temperaturas. En este proceso la materia orgánica es oxidada con el oxígeno del aire, generando emisiones gaseosas que contienen en su mayoría dióxido de carbono, vapor de agua, nitrógeno y oxígeno. Dependiendo de la composición de los residuos y de las condiciones de operación, las emisiones gaseosas pueden contener además cantidades menores de monóxido de carbono, ácidos clorhídrico, yodhídrico u bromhídrico, dióxido de azufre, óxidos de nitrógeno, compuestos

orgánicos volátiles, PCBs, dioxinas y furanos, y metales, entre otros. Además, se generan residuos sólidos como cenizas y escorias constituidas por el material no combustible.

La incineración es una tecnología demostrada y disponible comercialmente para el tratamiento de residuos peligrosos. Está aceptada como la mejor alternativa disponible para la destrucción de la mayoría de los residuos orgánicos peligrosos.

Los incineradores deben contar con sofisticados sistemas de tratamiento de emisiones atmosféricas y el correspondiente sistema de control de emisiones.

- Residuos no tóxicos

Los residuos no tóxicos pasan a procesos mecánicos como impactación física, fragmentación, trituración y granulación. Después de pasar por los procesos de reducción de tamaño, el sobrante puede ser tratado a través de los modos de manejo de residuos sólidos. Algunos son incinerados o son llevados a rellenos sanitarios. Con respecto a la incineración, esta tiene como objetivo principal asegurar la disposición o la transformación segura del material en una forma inerte, sin embargo, también se dirige a utilizar el poder calorífico contenido en los materiales para recuperar energía.

De los procesos de reciclaje se generan fracciones sobrantes que requiere de una disposición final. Ésta debe realizarse en rellenos de seguridad, al igual que algunos componentes que contengan sustancias peligrosas que no cuenten con procesos de aprovechamiento adecuados.



Las cenizas generadas de la incineración también deben ser dispuestas en los rellenos de seguridad.

Todos los componentes peligrosos serán almacenados temporalmente dentro de la planta de tratamiento para después ser recogidos y realizar su disposición final en los rellenos de seguridad PETRAMAS S.A.C. y TOWER AND TOWER S.A.

## CONCLUSIONES

- En Chiclayo no hay Sistemas de gestión de RAEE, los pobladores al generar estos residuos los venden a los recicladores informales, o los botan a la basura junto con sus residuos domésticos y son recogidos por el camión recolector de la municipalidad y llevados al botadero de Reque. Actualmente solo se tiene puntos de acopio de RAEE de la empresa Claro para celulares y accesorios.
- Se determinó que una vivienda del nivel socioeconómico AB genera 15,63 Kg de RAEE/año, del nivel C genera 16,89 Kg, del nivel D genera 11,79 Kg, y una vivienda del nivel socioeconómico E solo genera 6,99 Kg de RAEE/año. Siendo un total de 853 toneladas de RAEE generados en las viviendas del Distrito Chiclayo; de las cuales 390,19 tn son de la categoría Grandes Electrodomésticos, 17,43 tn de la categoría Pequeños Electrodomésticos, 123,63 tn de la categoría Equipos de Informática y Telecomunicaciones, y 321, 48 toneladas de RAEE de la categoría Aparatos Electrónicos de Consumo.
- El sistema de gestión de RAEE que se ha diseñado se denomina: SISTEMA COLECTIVO CHICLAYO ECOAMIGABLE, cuyos elementos del Sistema son: las tiendas comerciales de aparatos eléctricos y electrónicos, los pobladores del Distrito Chiclayo, la Municipalidad Provincial de Chiclayo, Comintel Recycling, Dynamic Recycling, las Empresas de disposición final de residuos Petramas S.A.C. y Tower and Tower S.A., y las empresas de fundición local y de reciclaje de plástico.

- El sistema de gestión de RAEE diseñado, para el primer año de funcionamiento acopiará el 1 % de los RAEE generados en los hogares del distrito Chiclayo, siendo 8,5 tn de RAEE que recolectará mediante los puntos de acopio, el centro de acopio permanente que se propone y las campañas de acopio realizadas por la municipalidad provincial de Chiclayo junto con algunas instituciones públicas y privadas.
- Los RAEE manejados por el SISTEMA COLECTIVO CHICLAYO ECOAMIGABLE serán desarmados y se podrá recuperar y reaprovechar la parte metálica como fierro, cobre y aluminio, y los componentes de plástico, las placas de circuito impreso serán exportadas a EE. UU a la empresa Dynamic Recycling, la cual mediante procesos de hidrometalurgia y pirometalurgia podrán recuperar los metales preciosos presentes en las placas; y los componentes peligrosos serán llevados a rellenos de seguridad para su disposición final.
- El sistema de gestión de RAEE propuesto coadyuvará de manera significativa a disminuir la actual eliminación inadecuada de los RAEE y permitirá un control de la emisión de los contaminantes presentes en los RAEE logrando disminuir el impacto ambiental de éstos.

## RECOMENDACIONES

- Para futuras investigaciones sobre RAEE se recomienda incluir más tipos de RAEE de las mismas categorías de RAEE trabajadas en esta investigación y RAEEs de las demás categorías.
- En esta investigación solo se ha trabajado con los RAEE de los hogares, por lo tanto, para futuras investigaciones se podría trabajar con los RAEE generados en las empresas privadas y en las instituciones públicas ubicadas dentro del distrito Chiclayo. Así mismo se podría enfocar más sobre la recuperación de los componentes plásticos de los RAEE, y sobre tecnologías para la descontaminación de los componentes peligrosos presentes en los RAEE.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Afroz R et al. Survey and analysis of public knowledge, awareness and willingness to pay in Kuala Lumpur, Malaysia – a case study on household WEEE management. J Clean Product 2013;52:185–93.
2. Baldé CP, Forti V., Gray V., Kuehr R., Stegmann P. The global E-Waste Monitor-2017 [Internet] Alemania: United Nations University, VIE SCYCLE. [11 de octubre del 2018] Disponible en: <https://www.itu.int/en/ITU-D/Climate-Change/Documents/GEM%202017/Global-E-waste%20Monitor%202017%20.pdf>
3. Magalini F, Kuehr R, Baldé C. E-waste en América latina. [Internet] 2015 [Citado 04 de abril de 2017] Disponible en: <http://www.gsma.com/latinamerica/wp-content/uploads/2015/11/gsma-unu-ewaste2015-spa.pdf>
4. STEP E- waste World Map. Peru. Overview of e-waste related information. [Citado 14 de noviembre del 2017] Disponible en: [http://www.step-initiative.org/Overview\\_Peru.html](http://www.step-initiative.org/Overview_Peru.html)
5. Cooperación Suiza en Perú. Cooperación Suiza SECO y el Ministerio del Ambiente promueven el tratamiento eficiente de residuos sólidos en el país. 2017. [Citado 16 de Noviembre del 2017] Disponible en: <http://www.cooperacionsuizaenperu.org.pe/seco-notas-de-prensa/71-seco-noticias/3587-01%20de%20junio%20de%202017>
6. Espinoza O et al. Diagnóstico del manejo de los residuos electrónicos en el Perú. [Internet] Perú, 2010 [Citado 16 de Noviembre de 2017] Disponible en : [http://raee-peru.pe/pdf/Diagnostico\\_del\\_manejo\\_de\\_Residuos\\_Electronicos\\_actualizado\\_2010.pdf](http://raee-peru.pe/pdf/Diagnostico_del_manejo_de_Residuos_Electronicos_actualizado_2010.pdf)

7. Martínez C. Diagnóstico del manejo de los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos en Chiclayo. [Internet] Perú, 2012 [Citado 20 de mayo del 2015] Disponible en: [http://www.raee-peru.pe/pdf/estudios/Diagnostico\\_RAEE\\_Chiclayo\\_2012.pdf](http://www.raee-peru.pe/pdf/estudios/Diagnostico_RAEE_Chiclayo_2012.pdf)
8. Torres D et al. Gestión Sostenible de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos en América Latina. [Internet] 2015 [Citado 05 de julio de 2017] Disponible en: [https://www.itu.int/dms\\_pub/itu-t/oth/0b/11/T0B110000273301PDFS.pdf](https://www.itu.int/dms_pub/itu-t/oth/0b/11/T0B110000273301PDFS.pdf)
9. Apeim 2016. Niveles Socioeconómicos 2016. [Internet] [Citado 10 de julio de 2017] Disponible en: <http://www.apeim.com.pe/wp-content/themes/apeim/docs/nse/APEIM-NSE-2016.pdf>
10. Cabildo M et al. Reciclado y tratamiento de residuos. España. UNED: Universidad Nacional de Educación a Distancia; 2008.
11. Rondón E et al. Guía general para la gestión de residuos sólidos domiciliarios. Naciones Unidas.[Internet] Santiago, 2016 [Citado 24 de marzo del 2017] Disponible en: <https://www.google.com.pe/search?q=guia+general+para+la+gesti%C3%B3n+de+residuos+s%C3%B3lidos+domiciliarios&oq=guia+general+para+la+gesti%C3%B3n+de+residuos+s%C3%B3lidos+domiciliarios&aqs=chrome..69i57.1489j0j8&sourceid=chrome&ie=UTF-8>
12. Ministerio del ambiente. Sexto informe nacional de residuos sólidos de la gestión del ámbito municipal y no municipal 2013 [Internet] Perú 2014 [Citado 28 de noviembre del 2017] Disponible en: <http://redrrss.minam.gob.pe/material/20160328155703.pdf>

13. Sáez A, Urdaneta J. Manejo de residuos sólidos en américa latina y el Caribe. Omnia [Internet] 2014 [Citado 30 de noviembre del 2017] 20 (3): 121-135. Disponible en: <http://www.redalyc.org/html/737/73737091009/>
14. Ministerio del ambiente. Plan nacional de gestión integral de residuos sólidos 2016-2024. [Internet] Perú 2016 [Citado 28 de noviembre del 2017] Disponible en: [https://www.unpei.org/sites/default/files/e\\_library\\_documents/Solid%20Waste%20Management%20National%20Plan%20%28PLANRES%29%202016-2024%20.pdf](https://www.unpei.org/sites/default/files/e_library_documents/Solid%20Waste%20Management%20National%20Plan%20%28PLANRES%29%202016-2024%20.pdf)
15. Reglamento de la Ley N°27314, Ley General de Residuos Sólidos. Decreto Supremo N°057-2004- PCM 22 de Julio del 2004. Diario oficial El Peruano (24-07-2004)
16. Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial. Lineamientos técnicos para el manejo de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos [Internet] República de Colombia, 2010 [Citado 03 de abril del 2017] Disponible en: [https://www.minambiente.gov.co/images/AsuntosambientalesySectorialyUrbana/pdf/sustancias\\_qu%C3%ADmicas\\_y\\_residuos\\_peligrosos/Guia\\_RAE\\_MADS\\_2011.pdf](https://www.minambiente.gov.co/images/AsuntosambientalesySectorialyUrbana/pdf/sustancias_qu%C3%ADmicas_y_residuos_peligrosos/Guia_RAE_MADS_2011.pdf)
17. Silva U. Los residuos electrónicos: Un desafío para la sociedad del conocimiento en América Latina y el Caribe. [Internet] Montevideo: Unesco 2010 [Citado 30 de noviembre del 2017] Disponible en: <http://unesdoc.unesco.org/images/0019/001900/190020s.pdf>
18. Widmer R. Global perspectives on e-waste. Environmental Impact assessment review [Internet] 2005 [Citado 30 de noviembre del 2017]; 25: 436-458. Disponible en: <https://groups.nceas.ucsb.edu/sustainability-science/2010%20weekly-sessions/session-92013-11.08.2010-institutions-for-managing-human->

[environment-systems/supplemental-readings-from-arizona-state-univ-students/widmer\\_global\\_perspectives\\_2005.pdf/view](http://environment-systems/supplemental-readings-from-arizona-state-univ-students/widmer_global_perspectives_2005.pdf/view)

19. Vélez ÁP. E-Waste: La basura del siglo XXI, ¿Qué hacer con ella? Redalyc.org [Internet] 2010 [Citado 15 de Mayo del 2017] Disponible en: <http://www.redalyc.org/pdf/849/84920977032.pdf>

20. Reglamento para la gestión y manejo de los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos D.S N°001-2012 MINAM 27 de Junio 2012.

21. TCO Certified [Internet] E-waste The escalation of a global crisis.2015 [Citado 12 de diciembre del 2017] Disponible en: <http://tcocertified.com/news/global-e-waste-reaches-record-high-says-new-un-report/>

22. Baldé C P, Wang F, Kuehr R. The global E-waste monitor 2014 [Internet] Alemania: United Nations University, IAS- SCYCLE. [12 de diciembre del 2017] Disponible en: <https://i.unu.edu/media/unu.edu/news/52624/UNU-1stGlobal-E-Waste-Monitor-2014-large-optimized.pdf>

23. Residuos profesional. [Internet] ¿Cómo abordan los países europeos la prevención de residuos? 2015 [Citado 07 de Junio del 2017] Disponible en: <https://www.residuosprofesional.com/paises-europeos-prevencion-residuos/>

24. EUR- LEX. Acceso a la legislación de la Unión Europea [Internet] 2008 [Citado 07 de Junio del 2017] Disponible en: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?uri=celex:32008L0098>

25. Lindhqvist T, Manomaivibool P. Tojo N. La responsabilidad extendida del productor en el contexto latinoamericano. [Internet] 2008 [Citado 23 de Mayo del



2017]

Disponible

en:

<http://www.greenpeace.org/argentina/Global/argentina/report/2008/10/la-responsabilidad-extendida-d.pdf>

26. Jaiswual A, Samuel C, Patel B, Kumar M. Go Green with WEEE: Eco- friendly approach for handling e-waste. [Internet] 2015 [Citado 21 de febrero del 2018]

Disponible en: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877050915000605>

27. Fernández G. Minería Urbana y la Gestión de los Residuos Electrónicos.

[Internet] 2013 [Citado 15 de agosto del 2018] Disponible en:

<https://sigraee.files.wordpress.com/2013/10/libro-raee-completo.pdf>

# ANEXOS

ANEXO N°1:



ESCUELA DE POSTGRADO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO  
CUESTIONARIO SOBRE LOS APARATOS ELECTRICOS Y ELECTRÓNICOS Y LOS  
RAEE DE LOS HOGARES DEL DISTRITO DE CHICLAYO

**CUESTIONARIO**

**I. DATOS DEL ENTREVISTADO**

DIRECCIÓN:

NIVEL SOCIOECONÓMICO: AB ☐ C ☐ D ☐ E ☐

**II. PREGUNTAS GENERALES**

1. ¿Cuántas personas viven en su casa?

2. ¿Cuál es el grado de instrucción del jefe del hogar?

- ☐ Primaria
- ☐ Secundaria completa
- ☐ Secundaria incompleta
- ☐ Superior no universitaria completa
- ☐ Superior no universitaria incompleta
- ☐ Superior universitaria completa
- ☐ Superior universitaria incompleta
- ☐ Maestría
- ☐ Doctorado

3. ¿Sabe usted que son los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos? Si No

4. ¿Sabe usted que es reciclar? Si No

5. ¿Sabía usted que los RAEE poseen componentes peligrosos? Si No

6. ¿Estaría dispuesto a entregar su RAEE para que las autoridades competentes se encarguen de darle un tratamiento y de su disposición final adecuada? Si No

7. ¿Cuál sería el mecanismo más conveniente para que usted entregue su RAEE?

- ☐ Campañas de acopio
- ☐ Centro de Acopio
- ☐ Puerta a puerta

8. ¿Qué hace con los AEE que ya no utiliza?

- a. Los regala a familiares o amigos.
- b. Los regala al reciclador
- c. Los vende al reciclador
- d. Los tiene guardados en su casa
- e. Los bota a la basura

### III. APARATOS ELÉCTRICOS Y ELECTRÓNICOS Y RAEE

<b>APARATOS ELÉCTRICOS Y ELECTRÓNICOS</b>	<b>Durante el 2016 ha desechado algún AEE a. lo regaló a un familiar o amigo b. lo regaló al reciclador c. lo vendió al reciclador d. Lo botó a la basura</b>	<b>Durante el 2017 ha desechado algún AEE a. lo regaló a un familiar o amigo b. lo regaló al reciclador c. lo vendió al reciclador d. Lo botó a la basura</b>
Grandes electrodomésticos		
Refrigeradora		
Congeladora		
Lavadora		
Cocina eléctrica		
Horno de microondas		
Horno eléctrico		
Ventiladores eléctricos		
Aparatos de aire acondicionado		
Pequeños electrodomésticos		
Aspiradora		
Plancha		
Tostadoras		
Equipos de informática y telecomunicaciones		
Computadoras de escritorio		
Computadores portátiles (laptop)		
Notebook LCD		
Notebook LED		
Impresoras multifuncionales		
Impresoras		
Copiadoras		
Monitor CRT		
Monitor LCD		
Monitor LED		
CPU		
Teclados		
Mouse		
Tablet		
Scanner		
Teléfonos fijos		
Teléfonos inalámbricos		
Teléfonos celulares		
Aparatos electrónicos de consumo		
Radio		
Equipo de sonido		
Amplificadores de sonido		
Televisores CRT		
Televisores LCD		
Televisores LED		
Videocámaras (Filmadoras)		
Cámaras fotográficas		
DVD		
Bluray		

**ANEXO N°2: PESO EN KG DE LOS RAE CONSIDERADOS EN LA ENCUESTA**

PESO	GRANDES ELECTRODOMÉSTICOS							
	Refrigeradora	Congeladora	Lavadora	Cocina eléctrica	Horno Microondas	Horno eléctrico	Ventilador	Aparatos Aire acondicionado
Kg	39.6	35	65	45	15	26.35	6.87	28

PESO	PEQUEÑOS ELECTRODOMÉSTICOS			
	Aspiradora	Plancha	Tostadora	Secadora
Kg	10	1	1	0.98

PESO	EQUIPOS DE INFORMÁTICA Y TELECOMUNICACIONES														
	Laptop	Impresora Multifuncional	Impresora	Copiadora	Monitor CRT	Monitor LCD	Monitor LED	CPU	Teclado	Mou	Tab	Sca	Tel. Fijo	Tel. Inal	Cel
Kg	3.5	6.5	6.5	32	16	5	5	11	1	0.05	0.5	4.2	1	1	0.12

PESO	APARATOS ELECTRÓNICOS DE CONSUMO								
	Radio	Equipo sonido	Tv CRT	Tv. LCD	Tv. LED	Filmadora	Cámara fotográfica	DVD	Bluray
Kg	2	10	25	10	10	5	0.8	5	1

### ANEXO N°3: DETERMINACIÓN DE LA MUESTRA

#### Generación Per cápita de RAEE en países de América Latina

País	Kg de RAEE/ hab	Kg de RAEE/vivienda
Argentina	7	28
Bolivia	4	16
Brasil	7.1	28.4
Chile	9.9	39.6
Colombia	5.3	21.2
Ecuador	4.6	18.4
Perú	4.7	18.8
Paraguay	4.9	19.6
Uruguay	9.5	38
Venezuela	7.6	30.4
Guyana	6.1	24.4
Surinam	8.5	34
<b>Media</b>	<b>6.6</b>	<b>26.4</b>
Varianza	3.63	58.03
Desviación estandar	1.90	7.62
Error H	0.33	1.32

Fuente: Torres D et al. Gestión Sostenible de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos en América Latina, 2015

\* Se ha considerado un margen de error de 5% con respecto a la Media.

\* Se ha considerado 4 habitantes por vivienda.

Z	1.96
Z <sup>2</sup>	3.8416
S <sup>2</sup>	58.03
H <sup>2</sup>	1.7424